農林省
水産講習所研究報告

第10巻　第1号

AND

10　2

SHIMONOSEKI
COLLEGE FISH.
JOURNAL
3124

V. 10-11
1960-62

農林省水産講習所
下関市吉見

（昭和35年10月）

目　　次

インド洋におけるキハダマグロ *Neothunnus macropterus* (TEMMINCK & SCHLEGEL) の
外部形態上の特徴と体長組成及び漁況 …… 鶴田三郎・角田精一 …… 1

"イタニグサ" *Ahnfeltia plicata* より寒天の新製造法に関する研究——Ⅳ
イタニグサ及び伊谷寒天の成分について …… 田川昭治・小島良夫・香野　実 …… 35

"イタニグサ "*Ahnfeltia plicata* より寒天の新製造法に関する研究——Ⅴ
伊谷寒天の性質について …… 小島良夫・田川昭治・山田芳生 …… 43

海洋性硫酸塩還元細菌と培地の酸化還元電位との関係 …… 畑　　幸彦 …… 57

海洋性硫酸塩還元細菌の発育および硫化物生成作用における水素受容体について
…… 畑　　幸彦 …… 79

グリコールキチン水溶液の挙動について …… 武田道夫・田川昭治 …… 89

油なめし法の検討(其の三) …… 松沢定五郎 …… 97

ヒメアサリ *Tapes variegata* (SOWARBY) の初期生活史について …… 吉田　　裕 …… 115

Contents

V. 10, NO. 1

Morphometrical Characters and Fishing Conditions of Yellowfin Tuna *Neothunnus macropterus* in the Indian Ocean ..... Saburo TSURUTA and Seiichi TSUNODA 1

Studies on the New Method of Preparation of Agar agar from *Ahnfeltia plicata*——Ⅳ On the Constituents of *Ahnfeltia plicata* and Agar agar prepared from it ..... Shōji TAGAWA, Yoshio KOJIMA and Minoru KŌNO 35

Studies on the New Method of Preparation of Agar agar from *Ahnfeltia plicata*——Ⅴ On the Properties of Itani agar ... Yoshio KOJIMA, Shōji TAGAWA and Yoshio YAMADA 43

Relation Between the Activity of Marine Sulfate-Reducing Bacteria and the Oxidation-Reduction Potential of the Culture Media (2) ..... Yoshihiko HATA 57

Hydrogen Acceptors in Growth and Sulfide Formation of Marine Sulfate-Reducing Bacteria ..... Yoshihiko HATA 79

On Behavior of Dilute Aqueous Solution of Glycol Chitine ..... Michio TAKEDA and Shōji TAGAWA 89

Consideration on Oil Tanning ..... Jyogoro MATUZAWA 97

On the Early Life-history of *Tapes variegata* (SOWARBY) ..... Hiroshi YOSHIDA 115

CONTENTS

V. 10, NO. 2

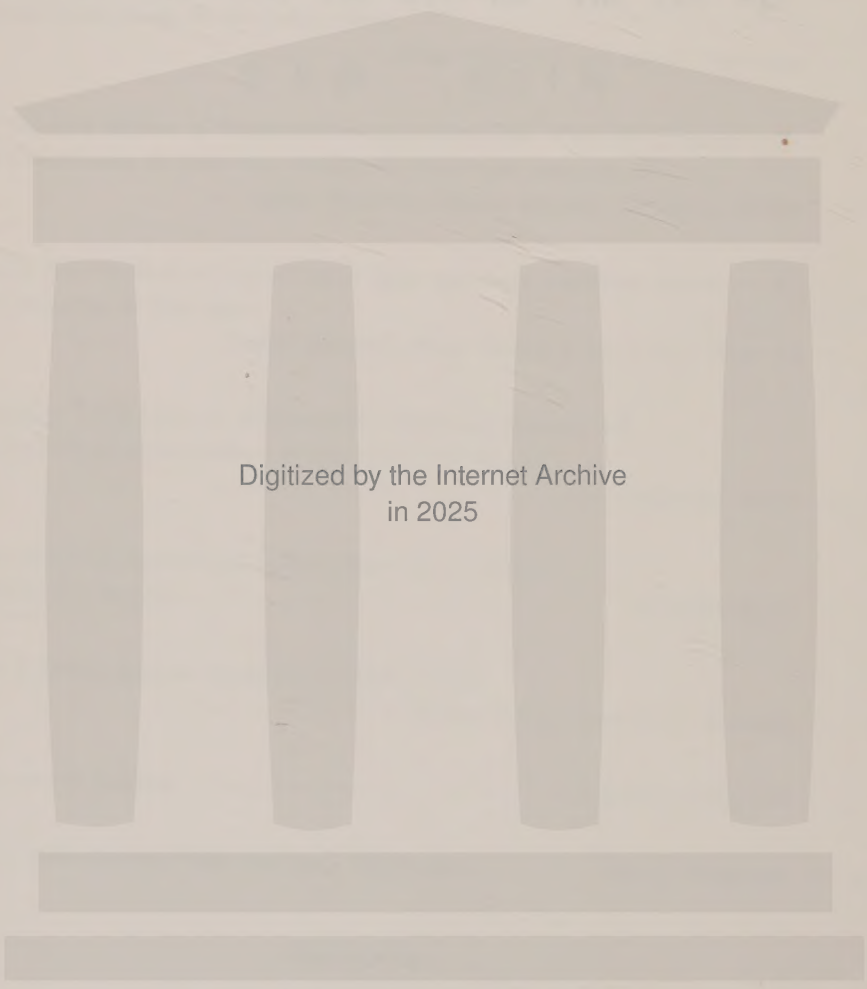
A TENTATIVE ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION PATTERN OF TUNA PROJECTED ON THE LONG-LINE II.....HIROSHI MAEDA..... 119

農林省
水産講習所研究報告

第10巻　第3号

農林省水産講習所
下関市吉見

（昭和36年3月）



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/journal-national-fisheries-university_1960-06_10_1

目　　次

二艘曳機船底曳網の模型実験——Ⅰ …… 谷口武夫 …… 1

網糸相互間の摩擦熱について …… 深沢文雄 …… 17

魚類プロテアーゼに関する研究
第Ⅹ報　ビンナガ鮪幽門垂プロテイナーゼの構成について …… 藤井　実 …… 27

蜜豆罐詰内の寒天ゲルに関する研究——Ⅲ
寒天ゲルの着色法について …… 小島良夫・大庭安正・白石友義・鹿田敏明 …… 35

油鞣法の検討(其の四) …… 松沢定五郎 …… 47

ベンガル湾冬季における浮游性珪藻の分布について …… 鶴田新生 …… 59

ノリ糸状体の生長に関する研究 …… 尾形英二 …… 69

Contents

Model Experiments on Japanese Two-Boat-Type Trawl Net—— I
..... Takeo TANIGUCHI 1

On the Relation between Frictional Heat and Durability in Mutual Friction of Netting Threads ..... Fumio FUKASAWA 17

Studies on the Protease of Fishes (X)
On the Components of the Proteinases in the Enzyme soluton Extracted from Powder of Pyloric caeca of Long Fin Tuna *Thunnus alalunga*
..... Minoru FUJII 27

Studies on the Agar Gel in Canned "Mitsumame" ——I
On the Method of Colouring Agar Gel. ..... Yoshio KOJIMA, Yasumasa OBA, Tomoyoshi SHIRAISHI, and Toshiaki SHIKADA 35

Considerations on oil tanning ..... Jogoro MATSUZAWA 47

On the Distribution of Pelagic Diatoms during the Winter at Bengaru Bay
..... Arao TSURUTA 59

Studies on the Growth of *Conchocelis* ..... Eizi OGATA 69

インド洋におけるキハダマグロ *Neothunnus macropterus* (TEMMINCK & SCHLEGEL) の外部形態上の特徴と体長組成及び漁況※

鶴田三郎・角田精一

Morphometrical Characters and Fishing Conditions of Yellowfin Tuna *Neothunnus macropterus* in the Indian Ocean※

By

Saburo TSURUTA and Seiichi TSUNODA

Samples were gathered by the training ship Shunkotsu-Maru in the periods as follows:

A (Arabian Sea) area samples; Dec. 25, 1955 to Jan. 19, 1956, B (Middle part of the Indian Ocean) area samples; Dec. 15, 1954 to Jan. 14, 1955, C (Eastern part of the Indian Ocean) area samples; Dec. 26, 1953 to Jan. 21, 1954 (See Fig. 2).

The authors discussed in this paper the morphometrical characters and fishing conditions of yellowfin tuna and some characteristic findings are as follows:

I. Morphometrical characters

1. Distance of snout to insertion of first dorsal fin. In Group I (having total length of 100 cm) there is no significant difference among A—, B—and C—area samples. But in Group II (having total length of 150 cm) the distance in C—area samples is the longest and 9 mm longer than B—area samples. In Group III (having total length above 150 cm) A—area samples have the distance shorter than the other. These equations of linear regression are as follows:

※ 水産講習所研究業績　第308号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 308.
Received June 23, 1960.

A—area……$y=0.25571\ x+4.25$
B—area……$y=0.26052\ x+4.58$
C—area……$y=0.27687\ x+2.81$

2. Distance of snout to insertion of second dorsal fin. In Group Ⅰ there is no significant difference, but in Group Ⅱ the distance of B-area samples is the longest and 20 mm longer than that of C—area samples and 8 mm than that of A—area samples. Therefore, among samples having larger total length B—area samples have larger distance than the other samples. These equations of linear regression are as follows:

A—area……$y=0.48074\ x+4.54$
B—area……$y=0.49268\ x+3.59$
C—area……$y=0.43915\ x+9.59$

3. Hight of second dorsal fin. In Group Ⅰ and Ⅱ, the hight of C—area samples is 26 mm and 133 mm higher than those of A—area samples respectively. So, it may be considered that the hight of second dorsal fin of samples from the Eastern part of the Indian Ocean samples is higher than those of other samples. These equations of regression are as follows:

A—area……$y=0.0007936\ x^{2.17188}$
B—area……No data
C—area……$y=0.00018788\ x^{2.51378}$

4. Greatest body depth. In Group Ⅰ, the body depth of C-area samples is the highest and abnut 30 mm and 20 mm higher than those of A—and B—area samples respectively, but in Group Ⅱ the difference of the body depth is small. Especially the difference of the greatest body depth among three area samples decreases in Group Ⅲ. These equations of linear regression are as follows:

A—area……$y=0.28803\ x-6.02$
B—area……$y=0.28115\ x-4.41$
C—area……$y=0.25091\ x+0.63$

5. Body weight. In Group Ⅰ, the body weight of B—area samples is 1.4 kg and 0.3 kg heavier than those of C—and A—area samples respectively, and in Group Ⅱ that of A—area samples is the heaviest and 8.3 kg and 5.6 kg heavier than those of B—area and C—area samples respectively. Therefore, the smaller fishes are the fattest in B—area samples, but in Group Ⅲ A—area samples show the greatest growth rate and the greatest fattness among three area samples having the same size. These equations of regression are as follows:

A—area……$y=0.000053429\ x^{2.95796}$
B—area……$y=0.0002741\ x^{2.61155}$
C—area……$y=0.000070664\ x^{2.88983}$

The geographical distance is about 500 nautical miles from A—area to B—area,

about 1,500 miles from B—area to C—area and about 1,800 miles from A—area to C—area. As mentioned above, these three area samples show some morphometrical differences. If it can be considered that those differences are not apparent, the distance of migration of yellowfin tuna may be presumably less than 1,000 miles or some heterogeneity seems to exist among these area samples. GODSIL (1948), ROYCE (1952), SCHAEFER (1948, 1950 and 1952) and other many workers have discussed on this subject and preferred to adopt the latter view.

1. Distance of snout to insertion of first dorsal fin.

Area	C	B	A
Slope	0.277	0.261	0.256

2. Distance of snout to insertion of second dorsal fin.

Area	B	A	C
Slope	0.493	0.481	0.439

3. Hight of second dorsal fin.

Area	C	(B)	A
Slope	2.514	?	2.172

4. Greatest body depth.

Area	A	B	C
Slope	0.288	0.281	0.251

5. Body weight.

Area	A	C	B
Slope	2.958	2.890	2.612

Fig. 1. Individual comparison between A, B and C area regression coefficients.

Ⅱ. Composition of body length and fishing conditions

1. Arabian Sea area. In 1955 the body length of the dominant group covered the range of 130—140 cm, but from year to year the body length decreased and scattered in wide range of 100—140 cm at the end of 1958. The angling rate of yellowfin tuna decreased from 10 % to 5 % during the period from 1955 to 1959. March and October were the best fishing periods and perhaps June to July showed the most scanty yield each year.

2. Western part of the Indian Ocean area. In 1955 the dominant group covered the range of body length of 130—140 cm, but during the period from 1957 to 1958 fishes having body length of 140—150 cm were dominant. The angling rate was greater than 10 % in 1955—1956 and afterwards decreased greatly to adou 2 % at the end of 1958. The best fishing periods were January, May and August showed the most scanty yield each year.

3. Middle part of the Indian Ocean area. The range of body length of the dominant group was 130-140 cm in the period from 1954 to 1955, but in 1956 it was

120—130 cm in the first half and 140—150 cm in the latter half, and in 1957—1958 it shown the same range to that in the latter half of the previous year. The angling rate was 5 % in 1954—1955 and from after the year of 1958 it decreased to about 2 %. The best fishing period was April to May and the worst periods were perhaps July, December each year.

4. Ceylon Island area. In 1954 the range of body length of the dominant group was 130—140 cm but it was 120—130 cm in 1956 and was 120—150 cm in 1957—1958. The anagling rate was greater than 5 % in 1954—1956 and 3 % in 1657, and decreased to 2 % in 1958. Good fishing periods were January, May and August, and in July and December the yield were poor each year.

5. Andaman and Nicobar Islands area. The range of body length of dominant group was 140—150 cm at the beginning of 1954 but afterwards shifted to 120—140 cm, and in 1958 it was the same as the 1954—group. The angling rate was more than 8 % in March, 1954, but from the next month it reduced to half and decreased to 3 % in 1958. The best fishing months were March to May, and the worst month was August each year.

6. Western coast of Sumatra Island area. In 1954 the range or body length of the dominant group was 130—140 cm, but was 120—140 cm in 1955 and in 1958 it widened to 110—140 cm. The angling rate was 4 % in 1954, but from the next year it decreased and was 2 % at the beginning of 1959. Good fishing period was February to March, and the worst months were June, September and December each year.

7. Southern coast of Java Island area. In 1953 the range of body length of the dominant group was 140—150 cm, but in 1954 was 120—130 cm, and after the year of 1957 many smaller fishes having the body length under 100 cm joined and the dominant group covered the range of 110—130 cm. The angling rate was about 3 % in 1953, but it reduced year by year and in 1957 it was 1 %, in 1958 2 %. Good fishing months were May, June and October and bad period was possibly February to March each year.

8. Western coast of Australia area. In 1953 and the first half of 1954 the range of body length of the dominant group was 130—150 cm, but after that year fishes of 120—130 cm joined and the range of body length shifted alternately to smaller or to larger size, that is, in 1955 the range was 130—150 cm, in 1956 120—130, in 1957 140—150 cm, and at the beginning of 1958 it was 110—130 cm and was 140—150 cm at the end of that year. The angling rate was about 3 % in 1953, but reduced year by year and at the beginning of 1959 it was less than 1 %. The best fishing months were nearly December to February and June, and the yield were scanty in April, August and November each year.

9. Southern coast of Lesser Sunda Islands and Timor Island area. In the period from 1952 to 1953 the range of body length of the dominant group was 140—

150 cm, but after the latter half of 1954 it shifted to 120—130 cm and was 110—150 cm in 1958. The angling rate was about 8 % in 1952 but decreased year by year and at the beginning of 1959 it was about 1 %. The best fishing periods were in December to January and in March to April, and in September to October the yield was poor each year.

From the considerations mentioned above, in the Indian Ocean the body length of yellowfin tuna decreased year by year and its range shifted from 130—150 cm to 110—140 cm in the years of 1954 to 1959. The fishing cnnditions also became worse year by year, and except for the Western coast of Sumatra Island, the angling rate showed the reduction above 60 %, especially in the Western part of the Indian Ocean and in the district adjacent to the Lesser Sunda Islands this tendency was remarkable. The fishing conditions were better in March to May and worse in August to October in the Western part of the Indian Ocean, better in March and worse in August in the adjacent area to Bengal Bay, better in December to February and worse in March and September in the Eastern part of the Indian Ocean.

Therefore, from the considerations on the fishing conditions and the composition of body length it may be seemed that the stock of yellowfin tuna in the Indian Ocean shows a tendency to decrease from year to year.

緒　　言

インド洋におけるマグロ延縄操業は遠く 30 年の昔，即ち 1930 年 1 月，白鷹丸（水産講習所練習船）がベンガル湾南東部のアンダマン，ニコバル諸島及びセイロン島南西部のマルティブ諸島沿海でそれぞれ試験操業したのに始まるが，この方面へ企業的に出漁したのは 1952 年 10 月以降のことである。最初は東部のジャワ沿海に始まり，漸次北々西のベンガル湾へ進出し，1954 年以降はインド洋中部以西に，続いてアフリカ東岸近くまで操業海面は進展し，今日ではほとんどインド洋全海区にわたって操業され，およその海域は開拓し尽された感がある。しかし当初は甚だ有望であったので，大型漁船の唯一の漁場であったこの海洋も漸次不漁となってきたので，他の一般漁場と同様，もはや漁場開発期は過ぎて人為的生産管理を余儀なくされる状態となり，資源維持の立場と相まって漁場の機構を解明することが必要となってきたようである。

魚類の外部形態上の特徴を比較して種族を吟味する方法は FISHER (1930) によって創設され，その後多くの研究者がその解明に努力し，また魚体の体長組成および漁況等より，マグロ類が各地域的にごく小範囲の海域だけにとどまるものであるか，あるいは各地域間に交流があるものであるか否か等の問題の解決についても同様に多くの研究者によって研究が続けられている。我々の研究もこれ等の多くの研究者によって蒐集された多数の資料によって得るところ大なるものがあったが，これ等キハダマグロの種類が単一であるか否か，回游の範囲がどの位の距離であるか等の重大問題は未だ解決の域に達していない。

資 料 と 方 法

資料のうち外部形態については，1955 年 12 月 25 日から 1956 年 1 月 19 日にわたり，アラビヤ海東部のラカディブ諸島西方からマルディブ諸島北西沿海（概位東経 64 ～ 72 度，北緯 5 ～ 12 度）に至る海域で，

練習船俊鶻丸が延縄で漁獲したキハダマグロ全部の31尾である。測定は一般の方法に従いその値を第1表に示した。体長組成と漁況については主として南海区水産研究所，神奈川県水産試験場の1952～1959年にわたる調査資料によった。

本報告では外部形態上の特徴については主として角田が当たり，上記アラビヤ海区南東部をA海区，平野修・田川昭治[8]の中部インド洋の文献資料をB海区，鶴田・三郎[7]の大スンダ列島の文献資料をC海区と称し，体長組成と漁況については鶴田が当たり，第2図に示すような鮪漁業研究会の区分に従い，この9区分の大海区内におけるものについて検討した。ここにこれらの資料を提供された各位に対し深甚なる謝意を表する。

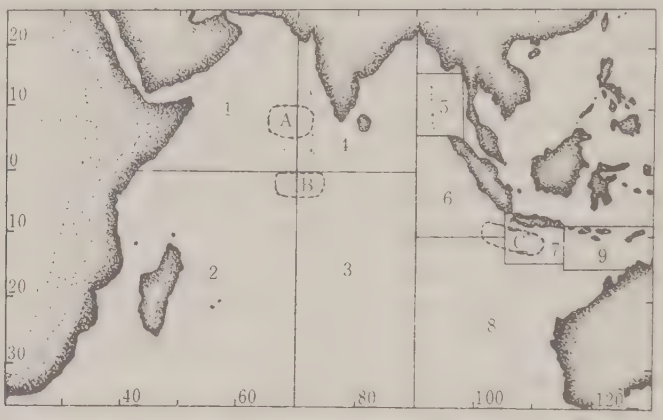


Fig. 2. Divisions of fishing area of the Indian Ocean.
A……A area.　　B……B area.　　C……C area.
1. Arabian Sea area.
2. Western part of the Indian Ocean area.
3. Middle part of the Indian Ocean area.
4. Ceylon I. area.
5. Andaman Is. and Nicobar Is. area.
6. Western coast of Sumatra I. area.
7. Southern coast of Java I. area.
8. Western coast of Australia area.
9. Southern coast of Lesser Sunda Is. and Timor I. area.

Table 1. Morphometric measurements of yellowfin tuna from Southeastern Arabian Sea, Dec. 25, 1955～Jan. 19, 1956.

Total length	Snout to insertion of 1st dorsal fin	Snout to insertion of 2nd dorsal fin	Hight of 2nd dorsal fin	Greatest body depth	Body weight in pounds	Sex
102cm	32 cm	55 cm	20 cm	25 cm	47.1	M
109	32	50	24	24	56.2	M
112	31.5	57.5	18	24	53.7	M
113	30	60	23	27	62.8	M
117	37	63	24	27	74.4	M
119	—	—	—	29	75.2	F
121	35	64	22	31	74.4	M
122	37	63	22	31	74.4	M
125	36	66	24	30	82.7	M
126	36	65	27	31	92.6	M
128	38	65	23	32	99.2	F
132	38	68	32	33	115.7	M
132	38	68	31	34	103.3	M

132	38	70	33	36	118.2	M
133	39	70	36	33	109.1	F
134	38	71	41	33	114.1	M
135	37	68	33	34	95.1	M
135	40	73	41	35	117.4	M
136	37	60	31	32	99.2	F
140	38	70	38	35	121.5	M
141	40	72	30	33	119.9	F
142	42	71	40	34	117.4	M
142	41	73	34	37	124.0	M
143	42.5	73	38	32.5	124.0	M
143	44	73	41	36	124.0	M
144	37	71	38	37.5	115.7	M
145	40	74	40	37	140.6	M
145	41	76	30	34	140.6	M
145	42	77	33	35	124.0	F
146	43	75	46	38	136.4	M
148	42	75	38	37	136.4	M

A海区（アラビヤ海南東部）におけるキハダマグロの成長

一般の統計学的計算方法に従い，第1表から第2表を得た。

Table 2. Statistics of linear regression of measurements of yellowfin tuna *Neothunnus macropterus* in the Southeastern Arabian Sea.

N = number in samples, $\bar{x}, \bar{y}$ means of x and y, Sx^2, Sy^2, Sxy are sum of squares and products of deviation from $\bar{x}, \bar{y}$.

$b = \dfrac{Sxy}{Sx^2}$ regression coefficients of y on x.

$s^2 = \dfrac{Sy^2 - b^2Sx^2}{N-2}$ estimate of variance about regression line.

$a = \bar{y}$ intercept of regression line.

Independent variable (x)	Dependent variable (y)	N	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Sx^2
Total length	Snout to insertion of 1st dorsal fin	30	132	38	4,466
Do	Snout to insertion of 2nd dorsal fin	30	132	68	4,466
Do	Greatest body depth	31	132	32	4,635
log Total length	*log* Hight of 2nd dorsal fin	30	2.1205739	1.5051500	0.0527086
Do	*log* Body weight in pounds	31	2.1205739	2.0125420	0.0547360

Sy^2	Sxy	b	s	a
372	1,142	0.25571	1.6903	4.25
1,243	2,147	0.48074	2.01758	4.54
488	1,335	0.28803	1.88917	−6.02
0.3571836	0.1144770	2.17188	0.06227	−3.100482
0.5072196	0.1622220	2.95796	0.02913	−4.260031

第2表から次の回帰方程式が得られる。

1. Snout to insertion of first dorsal fin y on total length x ……$y=0.25571x+4.25$
2. Snout to insertion of second dorsal fin y on total length x ……$y=0.48074x+4.54$
3. Greatest body deqth y on total length x ……$y=0.28803x-6.02$
4. Hight of second dorsal fin y on total length x ……$y=0.0007936x^{2.17188}$
5. Body weight y on total length x ……$y=0.000053429x^{2.95796}$

Ⅰ．A海区におけるキハダマグロの外部形態上の特徴

著者等はキハダマグロの外部形態について，A海区の資料と，B，Cその他の海区の文献と比較し，次の結果を得た。

1．吻端より各ひれ基底前端までの距離

（1）吻端より第1背びれ基底前端までの距離

この距離は体長100cmの個体では，B海区のもの最も長く300mmを越えるが，A，C海区のものはほぼ同様で，これより僅かに短かい。体長150cmの個体ではC海区のもの最も長く437mmを示すが，B海区のものはこれに近く，A海区のものはこれより約9mm短かい。体長が100cmから150cmに成長する間この距離の増加は，C海区のもの最も大きく46％余，B，C海区のもの小さく43％余となっている。第3表にこれらの計算値を示した。

Table 3. Comparison of snout to insertion of first dorsal fin at 100cm, 150cm in total length.

Areas	Snout to insertion of first dorsal fin		Growth rate
	100cm in total length	150cm in total length	
A	300 mm	428 mm	42.7 %
B	306	436	42.5
C	299	437	46.2

A海区のものを太平洋その他の海域の資料と比較すると，体長150cm以上の大型魚では，一般にインド洋を東進するにつれてこの距離は増大するが，更に東進した太平洋西部では逆にに短かくなり，中部のハワイ近海ではこの短かさはやや減じ，北米大陸西岸のコスタ・リカ沿海ではほぼ同じ長さとなっている。なお東進したアフリカ西岸のアンゴラ沿海では再び短かくなり，太平洋中部の資料と似た長さとなっている。（第8表参照）

（2）吻端より第2背びれ基底前端までの距離

この距離は体長100cmの個体では，C海区のもの最も長く530mmを越えるが，A，B海区のものはこれより9～6mm短かい。体長150cmの個体では，B海区のもの最も長く775mmを示すが，A海区のものはこれより8mm，C海区のものは20mmそれぞれ短かい。体長が100cmから150cmに成長する間この距離の増加は，B海区のもの最も大きく46％余，C海区のもの最も小さく41％余となっている。第4表にこれらの計算値を示した。

A海区のものを太平洋その他の海域の資料と比較すると，体長150cm以上の大型魚では一般にインド洋を東進するにつれて短かくなるが，更に東進した太平洋西部では最も短かく，中部ではこの短かさは多少減少して，北米大陸西沿海では（1）と同様ほぼ同じ長さとなっている。なお東進したアフリカ西沿海では再び短かくなっている。（第8表参照）

Table 4. Comparison of snout to insertion of second dorsal fin at 100cm, 150cm in total length.

Areas	Snout to insertion of second dorsal fin		Growth rate
	100cm in total length	150cm in total length	
A	526 mm	767 mm	45.6 %
B	529	775	46.5
C	535	755	41.1

2. 第2背びれの高さ

この高さは体長100 cmの個体では，C海区のものは200 mmを越えるが，A海区のものは低く175 mmに過ぎない。体長150 cmの個体では，同様にC海区のもの高く500 mmを越えるが，A海区のものは420 mm余に過ぎず，その差は大きく130 mm余に及んでいる。体長が100 cmから150 cmに成長する間この高さの増加は，C海区のもの最も大きく176 %余，A海区のものは141 %余となっており，その差異は充分認められるであろう。B海区の個体については資料がないので不明であるが，多分A，C海区のものの中間の高さであろうと推定される。第5表にこれらの計算値を示した。

Table 5. Comparison of hight of second dorsal fin at 100cm, 150cm in total length.

Areas	Hight of second dorsal fin		Growth rate
	100cm in total length	150cm in total length	
A	175 mm	422 mm	141.1 %
B	—	—	—
C	201	555	176.1

A海区のものを太平洋その他の海域の資料と比較すると，いずれの体長においてもインド洋を東進するにつれて高くなり，これは太平洋中部にまで及び，これ以東では漸次減少して北米大陸西沿海では非常に低くなっている。なお，東進したアフリカ西沿海でも同様に低いが，その程度は北米西岸の約½である。（第8表参照）

3. 体　高

この高さは体長100 cmの個体では，C海区のもの最も高く257 mmで，B海区のものはこれより20 mm，A海区のものは最も低く更に9 mmそれぞれ低い。体長150 cmの個体ではこれらの差異は減少するが，依然C海区のものが高く383 mmで，B，A海区のものはそれぞれ5～9 mm低い。従って体長150 cm以上の大型魚では差異はあまりないものと推定される。体長が100 cmから150 cmに成長する間この高さの増加は，A海区のもの最も大きく63 %余，C海区のもの最も小さく49 %余となっている。第6表にこれらの計算値を示した。

Table 6. Comparison of greatest body depth at 100cm, 150cm in total length.

Areas	Greatest body depth		Growth rate
	100cm in total length	150cm in total length	
A	228 mm	372 mm	63.2 %
B	237	378	59.5
C	257	383	49.0

A海区のものを太平洋その他の海域の資料と比較すると，体長100 cm以下の小型魚では一般にインド洋を東進するにつれて高くなり，太平洋西部とアフリカ西沿海で最も高い。体長150 cm以上の大型魚でも一般に同様の傾向が見られるが，その程度は非常に減少する。このことは次の4に述べる如く，大型魚ではA海区のものは他のいずれの海域のものより体重が重いと推定されるところである。（第8表参照）

4．体　重

体重は体長100 cmの個体では，B海区のもの最も重く20.8 kgを示すが，A海区のものより僅かに重い程度である。C海区のものは最も軽く19.4 kgで前記両者より1 kg余り軽い。体長150 cmの個体では，A海区のもの最も重く68 kg余を示し，B海区のもの最も軽く60 kg余でC海区のものはほぼこれらの中間の体重となっている。体長が100 cmから150 cmに成長する間この体重の増加は，A海区のもの最も大きく231 %余，B海区のもの最も小さく188 %余である。従ってC海区のものはA海区のものよりやや軽いが，この間に体重はA海区のものと同様2倍以上に達する。第7表にこれらの計算値を示した。

Table 7.　Comparison of body weight at 100cm, 150cm in total length.

Areas	Body weight		Growth rate
	100cm in total length	150cm in total length	
A	45.3 lbs (20.5kgs)	150.2 lbs (68.2kgs)	231.6 %
B	45.8 (20.8)	132.1 (59.9)	188.4
C	43.0 (19.4)	138.0 (62.6)	220.9

A海区のものを太平洋その他の海域の資料と比較すると，体長100 cm以下の小型魚では太平洋西部のものやや重いが，その他の海域のものは一般に軽く，150 cm以上の大型魚では，インド洋中部以東，太平洋西部及びコスタ・リカの資料が特に軽く，太平洋中部のハワイの資料はその程度はやや少なくなっている。第8表に以上の1～4項の比較を示した。

Table 8.　Comparison of various dimensions of morphometric data on yellowfin tuna between A area samples and other locals, 100cm and 150cm in total length.

Locations of sampling	Snout to insertion of I. D. F.(mm)		Snout to insertion of II. D. F.(mm)		Hight of II. D. F.(mm)		Greatest body depth(mm)		Body weight (pound)	
	100 cm	150 cm	100 cm	150 cm	100 cm	150 cm	100 cm	150 cm	100 cm	150 cm
A area	300	428	526	767	175	422	228	372	45.3	150.2
B area	+ 6	+ 8	+ 3	+ 8	—	—	+ 9	+ 6	+0.5	−18.1
C area	− 1	+ 9	+ 9	−12	+26	+133	+29	+11	−2.3	−12.1
SW Pacific Ocean	− 1	−24	+15	−24	+113	+126	+43	−11	+4.7	−15.9
Hawaii	−12	−16	−12	−19	+ 1	+15	+26	+ 9	−2.3	−6.3
Costa Rica	− 5	− 1	± 0	− 2	−17	−107	+27	+11	−5.3	−18.2
Angola	− 5	−12	+ 3	− 9	+ 1	−43	+33	+23	—	—

5．雌雄の割合及びその体重

雌雄の割合は，A，B，Cの3海区とも雄の割合が多く，特にA，C海区では雄が多く80 %余を示した

が，B海区では60％余であった。魚体重は，同じ大きさの個体ではいずれの海区でも雄の方が重く，雌の方がやや軽い値を示した。

Ⅱ．インド洋におけるキハダマグロの体長組成と漁況

1．アラビヤ海区（Table Ⅰ－1，Table Ⅱ－1，Fig. 3（1）参照）

初めて出漁した1955年（野村俊造—1957[13,14]）には大多数が体長130〜140 cmの中型魚群であったが，翌年の1956年はこの範囲の上下各10 cmの差のある魚群が加わっている。次の1957年は2回だけの資料に過ぎないが，主群は出漁当初とほぼ同じ体長の魚群となっている。4年目の1958年に入ってからはやや小型の体長110〜120 cmの魚群が多くなったが，夏期にはやや大型の体長140〜150 cmの魚群が多く現われ，その後は小型（体長110 cm以下）と中型（体長130〜140 cm）の魚群が主体となった。1959年になってからは体長110〜140 cmの広い範囲の魚群が主体となった。この5カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は5月，初めの年では10月で，その組成は2〜25％の範囲に及んでいる。

漁況については，出漁当初は釣獲率10％以上の高率を示したが，漸次減少して5年目の1959年に入ってからは4〜5％の低率となっている。全体の釣獲率は初めの12％余より一時減少したが，4年目の1958年後半より上昇して7〜8％の高率を示しているので，時期的には未だ有望漁場といえよう。この5カ年間で比較的活況を呈したのは，各年とも初め或は終りの2〜3カ月間で，6〜7月頃は一般に不況のようである。

2．インド洋西部海域（Table Ⅰ－2，Table Ⅱ－2，Fig. 3（2）参照）

初めて出漁した1955年（野村俊造 −1957[13,14]）は，大多数が体長130〜140 cmの中型魚群であったが，翌年初めはややこの上下に広く分散し，後半は大型魚群が主体となったが，その後は4年目の1958年まで体長140〜150 cmの魚群が主体となっている。この4カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は大体各年の初めと終り及びその中間などで，その組成は10〜50％の範囲に及んでいる。

漁況については，釣獲率10％余の高率を示したのは，出漁当初の1955年から翌年の初めの間であったが，以後年々減少して4年目には2％余に，5年目にはやや上昇して5％余となっている。この4カ年間で活況を呈したのは各年とも1，5月で，概して8，10，12月が最も不況となっている。全体の釣獲率は初め非常に高かったので，5年目の1959年に入ってからもなお約½の7％以上の高率を示しているが，キハダマグロのそれと同様5月を頂点としてその前後で不況となるようである。

3．インド洋中部海区（Table Ⅰ－3，Table Ⅱ－3，Fig. 3（3）参照）

初めて出漁した1954年（野村俊造—1957[13,14]）後半及び2年目は，大多数が体長130〜140 cmの中型魚群であったが，3年目の1956年前半には体長120〜150 cmの魚群にひろがり，後半は体長140〜150 cmのやや大型の魚群に変った。1957〜58年は資料が少ないが，概して体長140〜150 cmの魚が主群のようである。この5カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも初めと終りの2〜3カ月間で，その組成は10〜20％の範囲に及んでいる。

漁況については，釣獲率5％以上の高率を示したのは出漁当初の1954年より56年の前半までで，その後は漸次減少して5年目の1958年以降は½以下の2％余に減少している。この6カ年間で活況を呈したのは各年とも4〜5月で，不況時は7，12月の頃のようである。全体の釣獲率も年々減少し，初めの10％余から6％余に減少しているが，概して9〜10月が最低でその他の月では大差ないようである。

4．セイロン島海区（Table Ⅰ－4，Table Ⅱ－4，Fig. 3（4）参照）

初めて出漁した1954年（野村俊造—1955[13,14]）前半は，大多数が体長130〜140 cmの中型魚群であったが，2年目及び3年目にはやや小型の体長120〜130 cmの魚群が主体となり，5〜6年目の1958年及び59年には体長110〜140 cmの広い範囲の魚群が主体となった。この6カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも4月前後で，その組成は4〜28％の範囲に及んでいる。

漁況については，釣獲率5％以上の高率を示したのは出漁当初より3年目までで，4年目の1957年には

約½に，5年目には約½の2％以下にそれぞれ減少したが，1959年からやや上昇して2.5％余となった，この6カ年間で活況を呈したのは各年とも1，5，8月で，不況時は，7，12月のようである。全体の釣獲率も年々減少しているが，他海区と異なりその度合は最も大きく，5年目には当初の約½の3％余に減少しているが，1959年からやや上昇して約½の5％余となった。従ってこの海区ではキハダマグロを初めその他のマグロ類の回游が少ないものといえよう。

5．アンダマン，ニコバル諸島海区（Table Ⅰ－5，Table Ⅱ－5，Fig. 3（5）参照）

初めて出漁した1954年（野村俊造—1955[13,14]）は，大多数が体長140～150 cmのやや大型の魚群であったが，漸次小型魚群に移行し，同年6月頃には体長120～140 cmの魚群が主体となった。5年目の1958年には再び大型の魚群が主体となっているようであるが，資料が極めて少ないのでこの間の変化は明かでない。この5カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われるのは4月頃のようで，その組成は12～25％の範囲であろう。

漁況については，出漁当初の3月は8％以上の高率を示したが，翌月より半減し，2年目後半よりは更に約½に減少した。しかし5年目の1958年にはやや上昇して3％余になった。この5カ年間で活況を呈したのは各年とも3～5月頃で，不況時は8月頃のようである。全体の釣獲率は当初の10％余から4％余に減少している。

6．スマトラ島西方海区（Table Ⅰ－6，Table Ⅱ－6，Fig. 3（6）参照）

初めて出漁した1954年（野村俊造—1955[13,14]）は，大多数が体長130～140 cmの中型魚群であったが，2年目の1955年にはやや小型の120～130 cmの魚群が加わり，5年目の1958年には体長110～130 cmの広い範囲の魚群が主体となった。この5カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも1～3月の間で，その組成は10～30％の範囲に及んでいる。

漁況については，出漁当初の4～5％から2年目後半以後急減し，6年目の1959年の初めには半減して2％余になった。この6カ年間で活況を呈したのは各年とも2～3月の間で，不況時は6，9，12月頃のようである。全体の釣獲率とキハダマグロのそれと同様半減し，当初の8％余から4％余に減少しているが，この間の変動は大きい。

7．ジャワ島南方海区（Table Ⅰ－7，Table Ⅱ－7，Fig. 3（7）参照）

初めて出漁した1953年（野村俊造—1954[13,14]）は，大多数が体長140～150 cmのやや大型魚群であったが，2年目後半よりそれ以下の中型魚群が加わり，5年目の1957年以降は更に小型の体長100 cm以下の魚群が出現して体長110～140 cmの中，小型魚群が主体となった。この6カ年間に体長150 cm以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも1月及び12月頃で，その組成は6～15％の範囲に及んでいるが，2年目の1954年だけは8月に最高の27％余をしている。

漁況については，次項のオーストラリヤ西方海区と同様最も低率であるが，月別による変動も決して少なくない。釣獲率は他地区と同様年々減少し，5年目の1957年には当初の約½の1％余に減少したが，1958年にはやや上昇して2％余となったが，1959年の初めは再び減少して1％以下となった。この6カ年間で活況を呈したのは各年とも5，6，10月頃で，不況時は2～3月頃のようである。全体の釣獲率は2年目より多少減少したが，キハダマグロのそれほど大きな変化はなく，当初の9％余から5％余に減少した程度である。

8．オーストラリヤ西方海区（Table Ⅰ－8，Table Ⅱ－8，Fig. 3（8）参照）

初めて出漁した1953年（野村俊造—1954[13,14]）及び翌年の前半までは，大多数が130～150 cmの中型魚群であったが，その後はやや小型の体長120～130 cmの魚群が加わり，3年目の1955年には逆にやや大型の体長140～150 cmの魚群が多くなった。1956年には再び小型の体長120～130 cmの魚群が多くなり，5年目の1957年の初めは出漁当初と同様の魚群が多くなったが，後半は小型魚群が加わり体長120～150 cmの広い範囲の魚群が主体となった。6年目の1958年の初めは体長110～130 cmの小型魚群が主体であったが，

後半から1959年にかけてやや大型の体長 140〜150 cm の魚群が主体となった。従ってこの海区の体長組成の変化は他海区に比較して最も激しいものといえよう。この7カ年間に体長 150 cm 以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも初めと終りの1〜2月，11〜12月の間で，その組成は10〜40％の範囲に及んでいる。

漁況については，ジャワ南方海区と同様に年々不況となり月別の変動も多い。釣獲率は出漁当初の3％余から3年目以降は半減し，7年目の1959年初めは1％以下に急減しているが，この間の変動は大きい。この6カ年間で活況を呈したのは各年とも12〜2月及び6月頃で，不況時は4，8，11月頃である。全体の釣獲率は，出漁当初より3カ年間は7％余で大差ないが，4年目の1956年より1958年前半までの2カ年半はやや減少して5％余になった。しかし7年目の1959年初めにはやや上昇を示し8％余となっている。この7カ年間にキハダマグロの釣獲率は次以下に減少したが，全体の釣獲率は大差なくむしろ昨今上昇を示してきていることは，キハダマグロ以外のマグロ類が多く回游しているためであるといえよう。

9．小スンダ列島，チモール島南方海区（Table Ⅰ−9，Table Ⅱ−9，Fig 3（9）参照）

初めて出漁した1952年（野村俊造—1954[13,14]）から1954年の初めまでは，大多数が体長140〜150 cm のやや大型の魚群が主体であったが，1954年後半より1957年の間はやや小型の体長120〜130 cm の魚群が主体となり，7年目の1958年から1959年にかけては大小の体長110〜150 cm の広い範囲の魚群が主体となった。この7カ年間に体長150 cm 以上の大型魚群が最も多く現われた月は，各年とも初めと終りの1月，12月頃で，その組成は2〜19％の範囲に及んでいる。

漁況については，出漁当初は釣獲率8％余の高率であったが，翌年より半減し，3年目は更に半減して2％以下となり，4年目の1955年はやや上昇して2％以上になったが，翌年は再び減少して2％以下になった。6年目の1957年以降59年の初めまでは更に減少して1％余になった。この7カ年間で活況を呈したのは各年とも12〜1月頃で，不況時は3〜4，9〜10月頃である。全体の釣獲率は出漁当初の10％余から漸次減少し，7年目には4％余に減少している。この7カ年間にキハダマグロの釣獲率は8％余から1％余へと大きく減少したが，全体のそれは10％余から4％余へとその減少の程度は少ない。従ってこの海区ではキハダマグロの資源は最も減少しているものといえよう。

10．漁獲努力と漁況（釣獲率）

一般に漁況は漁獲努力，またはその強度により，あるいは資源量の増減との平衡漁獲が失なわれることなどによって変動する。Table Ⅲ は，漁獲努力と漁況（釣獲率）とを示すもので，平均1操業当りの使用釣数は，アンダマン・ニコバル諸島海区でやや少なく1,600本，その他の海区ではいずれも1,800本（約400〜450鉢分）で，2,000本をこえるものはアラビヤ海区の6月，セイロン島海区の4月，12月及びオーストラリヤ西方海区の4月の4回だけである。この表より操業回数及び1操業当りの使用釣数の多少と釣獲率との関係をみると，平均1操業当りの使用釣数が最大の時平均釣獲率の最小を示したのはスマトラ島西方海区の9月，この逆の現象を示したのはインド洋西部海区の5月及びセイロン島海区の8月で，またこの釣数及び釣獲率共に最小を示したのはアラビヤ海区の7月のみで，漁獲努力と釣獲率とはあまり関係はないようである。

（1）．アラビヤ海区では，1955年2月〜1959年7月間の平均釣獲率の最大は3月で，平均1操業当りの使用釣数は1,736本であるが，その最小は7月で，釣数も最小の1,531本となっている。操業回数の最大は5月で，平均1操業当りの使用釣数は1,807本，最小は1月で，釣数は1,780本，平均1操業当りの使用釣数の最大は6月の2,353本，最小は7月の1,531本であった。

（2）．インド洋西部海区では，1955年1月〜1959年7月間の平均釣獲率の最大は5月で，平均1操業当りの使用釣数は最小の1,238本であるが，その最小は11月で，釣数は1,839本となっている。操業回数の最大は2月で，平均1操業当りの使用釣数は1,877本，最小は8月で，釣数は1,845本，平均1操業当りの使用釣数の最大は1月の1,972本，最小は5月の1,238本であった。

（3）．インド洋中部海区では，1955年1月～1959年7月間の平均釣獲率の最大は4月で，平均1操業当りの使用釣数は1,742本であるが，その最小は7月で，釣数は1,666本となっている。操業回数の最大は2月で，平均1操業当りの使用釣数は1,656本，最小は5月で，釣数は1,820本，平均1操業当りの使用釣数の最大は11月の1,924本，最小は8月の1,620本であった。

（4）．セイロン島海区では，1954年3月～1959年6月間の平均釣獲率の最大は8月で，平均1操業当りの使用釣数は最小の1,693本であるが，その最小は12月で，釣数は2,068本となっている。操業回数の最大は5月で，平均1操業当りの使用釣数は1,808本，最小は12月で，釣数は2,068本，平均1操業当りの使用釣数の最大は4月の2,379本，最小は8月の1,693本であった。

（5）．アンダマン・コバル諸島海区では，1954年3月～1959年7月間の平均釣獲率の最大は3月で，平均1操業当りの使用釣数は1,553本であるが，その最小は8月で，釣数は1,515本となっている。操業回数の最大は4月で，平均1操業当りの使用釣数は，1,542本，最小は3月で，釣数は1,553本，平均1操業当りの使用釣数の最大は6月の1,725本，最小は2月の556本であった。

（6）．スマトラ島西方海区では，1954年1月～1959年7月間の平均釣獲率の最大は2月で，平均1操業当りの使用釣数は1,819本であるが，その最小は9月で，釣数は最大の1,949本となっている。操業回数の最大は1月で，平均1操業当りの使用釣数は1,801本，最小は10月で，釣数は1,826本，平均1操業当りの使用釣数の最大は9月の1,949本，最小は3月の1,733本であった。

（7）．ジャワ島南方海区では，1953年4月～1959年5月間の平均釣獲率の最大は6月で，平均1操業当りの使用釣数は1,701本であるが，その最小は12月で，釣数は1,727本となっている。操業回数の最大は11月で，平均1操業当りの使用釣数は1,706本，最小は2月で，釣数は1,461本，平均1操業当りの使用釣数の最大は9月の1,767本，最小は1月の1,276本であった。

（8）．オーストラリヤ西方海区では，1953年1月～1959年6月間の平均釣獲率の最大は5月で，平均1操業当りの使用釣数は最小の1,636本であるが，その最小は4月で，釣数は最大の2,096本となっている。操業回数の最大は3月で，平均1操業当りの使用釣数は1,759本，最小は5月で，釣数は1,636本，平均1操業当りの使用釣数の最大は4月の2,096本，最小は5月の1,636本であった。

（9）．小スダン列島・チモール島南方海区では，1952年1月～1959年7月間の平均釣獲率の最大は6月で，平均1操業当りの使用釣数は1,631本であるが，その最小は3月で，釣数は1,664本となっている。操業回数の最大は11月で，平均1操業当りの使用釣数は1,697本，最小は6月で，釣数は1,631本，平均1操業当りの使用釣数の最大は7月の1,761本，最小は1月の1,508本であった。

結　　言

インド洋におけるキハダマグロの外部形態上の特徴，体長組成及び漁況について次の如く要約できる。

1．外部形態上の特徴

1）吻端より第1背びれ基底前端までの距離　体長100 cmの資料では，A，B及びCの3海区間に大差はないが，体長150 cmのものでは東部（C海区）のものほどこの距離は長い。

2）吻端より第2背びれ基底前端までの距離　体長100 cmの資料では，3海区間に大差はないが，体長150 cmのものではB海区のもの最も長く，C海区のもの最も短かい。従って体長150 cm以上の大型魚では，東部のものは第1，第2背びれの間隔が，中，西部のものより遙かに狭いといえよう。

3）第2背びれの高さ　C海区のものはいずれの体長においてもA海区のものより遙かに高い。従って東部のものは西部のものより非常に高い第2背びれをもっているといえよう。

4）体　　高　100 cmの資料では，C海区のものやや高いが，体長150 cmのものではこの差異は半減する。従って体長150 cm以上の大型魚では各海区間で大差ないものといえよう。

5）体　　重　体長100 cmの資料では，C海区のものやや軽いか，体長150 cmのものではA海区のもの

最も重くB海区のもの最も軽い。従って成長度はA海区において最大，B海区において最小であるといえよう。

地理的距離は，A海区からB海区まで約500浬，B海区からC海区まで約1,500浬，A海区からC海区まで約1,800浬である。これら3海区間に若干形態上の差異が認められたが，若しこれらの差異が外見上のものでないと考えられるならば，少なくともこの12～1月の冬期間においては，インド洋におけるこれらキハダマグロの回游距離は1,000浬をいでないものであるか，あるいはこの3海区の個体間に若干の異なった種族が存在すると考えられるところである。これらの考えについては既に，GODSIL (1948), ROYCE (1952), SCHAEFER (1948, '50, '52) その他多くの研究者によって検討されているが，主に後者が採択されている。

2．体長組成及び漁況

1）体長組成 — 一般に各海区とも出漁当初は体長130～150 cmのものが主群であったが，年々小型魚群の出現が多くなり，1959年の初めには体長110～140 cmの広い範囲のものに変ったが，一般に体長150 cm以上の大型魚の出現する時期は冬期間である。しかしインド洋中部，スマトラ島及びオーストラリヤ各西方海区では1時体長130 cm以下の小型魚群の出現が多かったが，1959年よりは再び大型の体長130～150 cmのものが主群となっているようである。

2）漁　況 — 一般に各海区ともその程度こそ異なるが，出漁当初はいずれの海区でも活況を呈し，その後年々不況となっている。釣獲率はスマトラ島西方海区を除いてはいずれも60％以上減少し，特にインド洋西部と小スンダ列島南岸海区で甚だしい。この減少の度合は初め10％以上の高率であったアラビヤ海区とインド洋西部海区で最も大きく，3％余の低率であったスマトラ島及びオーストラリヤ各西方海区で最も小さいが，一般にインド洋を西進するに従って高率となっている。インド洋西部では漁況の好期は3～5月，不況期は8～10月，ベンガル湾沿海では好期は3月，不況期は8月，インド洋東部では好期は12～2月，不況期は3，9月頃のようであるが，一般に各海区とも年の前半において活況を呈するようである。従ってキハダマグロの体長組成と漁況上より東経95度以西，特にインド洋中部海区では未だその資源は豊富であるといえようが，小スンダ列島南岸海区ではこれに反するといえよう。

全体の釣獲率では，キハダマグロのそれと同様一般に各海区とも年々減少しているが，インド洋中部及びオーストラリヤ西方海区ではやや減少したが5～6％を示し，アラビヤ海とインド洋西部海区では初め極めて高率であったので，1959年までに半減したとはいえ未だ8％余の高率を示している。その他の海区でも多くは半減して4～5％となっている。漁獲物の魚種組成上から一般に1～5の海区はキハダマグロを主とする漁場といえるが，特に東経70度以西のアラビヤ海区とインド洋西部海区では未だ各種のマグロ資源に恵まれているものといえよう。

漁獲尾数は漁獲努力と釣獲率によって変動し，釣獲率が同一であればそれは漁獲努力に比例して変化することは当然であるが，漁獲努力と漁況との関係はTable Ⅲに示す如く，この両者間の関係はあまりないもののようであり，またキハダマグロでは1～2，6～9の海区において体長130 cm以上の魚群の減少によって不況が起こるようである。

引　用　文　献

1) SCHAEFER, M. B., 1948 : Morphometric Characteristics and Relative Growth of Yellowfin Tunas from Central America. *Pacific Science.* **11** (2).

2) GODSIL, H. C., 1948 : A Preliminary Population Study of the Yellowfin Tuna and the Albacore. *Calf. Div. Fish and Game, Fish. Bull.*, No. 70.

3) SCHAEFER, M. B. and L. A. WALFORD, 1950 : Biometric Comparison between Yellowfin

tunas of Angola and of the Pacific Coast of Central America. *F. W. S., Fish. Bull.*, **51** (56).
4) SCHAEFER, M. B., 1952 : Comparison of Yellowfin Tuna of Hawaiian Waters and of the American West Coast. *F.W.S., Fish. Bull.*, **52** (72).
5) ROYCE, W. F., 1952 : A Preliminary Report on a Comparison of the Stock of Yellowfin Tuna. *F. W. S., P.O.F.I.* (By I.P.F.C. reports).
6) 鶴田 三郎, 1954 : 太平洋南西海区とハワイ沿海におけるキハダマグロの形態上の比較. 農水講研報 **3** (3).
7) 鶴田 三郎, 1955 : 大スンダ列島沿海と太平洋海域におけるキハダマグロの形態上の比較. 農水講研報 **4** (3).
8) 平野 修・田川昭治, 1956 : 中部インド洋におけるキハダマグロの魚体組織並びに外部形態的特徴に就いて. 農水講研報 **6** (2).
9) 藪田洋一・行縢茂雄, 1957 : キハダの研究. 南海区水研報 **5**.
10) 片岡 昭吉, 1957 : 印度洋中部海区における鮪延縄漁業試験の結果について. 農水講研報. **6** (2).
11) 古賀 重行, 1958 : 西部インド洋における鮪類の体長組成に就いて. 長崎大水産学部研報, **6**.
12) 三村 皓哉, 1958 : 印度洋のキハダ漁況 (特に釣獲率と体長組成の経年変化). 南海区水研報. **7**.
14) 鮪漁業研究会 : 鮪漁業. No. 3, 1953～No. 68, 1960.
14) 鮪漁業研究会 : 鮪類水揚地調査報告書. 昭和27年度～昭和31年度.

Table Ⅰ. Composition af body length of yellowfin tuna (%) (Copied from Tuna Fishing and its Year books)

Ⅰ-1. Arabian Sea area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100～110	110～120	120～130	130～140	140～150	Above 150		
1955 Feb.	0.2	0.2	0.7	17.0	50.8	27.4	3.5	423	3,850
Mar.	0.6	0.6	3.3	53.7	30.0	11.0	0.8	3,481	19,103
May	0.9	0.2	0.9	17.0	59.3	20.4	1.2	915	9,526
Oct.	—	—	—	1.6	49.8	34.4	14.2	311	4,110
Nov.	—	—	—	1.8	49.3	44.0	4.9	225	2,899
1956 Mar.	0.7	0.7	2.8	24.8	48.1	20.5	2.2	823	5,050
Apr.	—	—	0.4	28.1	55.4	15.2	0.9	224	2,338
May	—	—	0.8	2.8	15.8	55.7	24.9	253	3,504
Aug.	—	—	—	40.7	32.3	25.4	1.5	263	1,329
Sept.	2.1	2.6	2.8	45.7	38.8	7.2	0.6	466	4,573
1957 Aug.	—	—	1.1	15.1	71.0	12.9	—	93	2,345
Oct.	11.4	8.4	6.0	19.3	44.0	10.8	—	166	2.280
1958 Feb.	—	6.2	12.3	50.8	21.5	9.2	—	65	215
Mar.	—	9.0	45.5	36.4	—	9.0	—	11	239
Apr.	1.0	3.8	15.4	27.4	27.4	18.8	6.2	292	1,263
May	—	0.9	3.7	9.3	24.8	34.1	27.1	214	3,579
Aug.	—	—	—	30.0	—	70.0	—	10	1,181
Nov.	3.4	20.7	12.1	17.2	36.2	10.3	—	58	1,954
1959 Feb.	—	6.8	26.7	26.3	27.8	12.5	—	281	3,361
Mar.	3.1	9.1	46.5	34.7	5.9	0.9	—	5,296	5,920
Apr.	0.4	2.2	16.1	50.6	22.7	8.1	—	273	2,776
May	1.9	6.0	43.6	33.6	13.4	1.0	0.3	298	3,516

Ⅰ-2. Western part of the Indian Ocean area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100～110	110～120	120～130	130～140	140～150	Above 150		
1955 Jan.	—	—	2.4	42.3	34.4	19.0	1.8	2,178	18,397
Feb.	0.3	0.2	2.5	34.5	33.4	21.9	7.1	6,277	26,727
Mar.	—	—	1.5	31.4	28.1	26.3	12.6	968	11,228
Apr.	0.8	0.1	0.7	13.1	44.1	33.9	7.3	5,541	43,983
May	2.6	0.3	0.4	8.9	41.8	33.4	12.7	5,871	44,384
June	3.9	9.2	2.0	14.1	41.9	26.1	2.9	4,376	22,644
July	4.5	16.1	4.6	18.0	42.3	12.8	1.8	4,018	12,759
Aug.	0.2	—	0.7	11.6	49.2	25.7	12.6	579	6,448
Sept.	—	0.5	1.2	6.5	46.7	37.7	7.3	3,762	23,487
Oct.	0.1	0.5	3.3	9.6	46.3	32.6	7.6	1,565	14,654
Nov.	0.2	0.1	4.9	5.7	36.6	45.7	6.8	1,480	24,049
Dec.	0.3	0.6	12.3	8.4	27.5	31.3	19.6	4,424	33,065
1956 Jan.	—	0.2	3.1	6.5	29.4	40.1	20.7	4,941	42,172
Feb.	1.0	2.5	26.9	31.1	23.6	12.1	2.7	9,853	59,555
Mar.	1.4	1.0	5.7	28.8	35.0	23.5	4.6	6,262	29,654
Apr.	—	—	3.4	13.4	23.2	46.3	13.7	931	25,229
May	—	0.1	1.7	28.7	29.4	34.2	6.0	725	11,605
June	2.4	1.2	3.9	30.3	31.4	26.8	3.8	3,583	13,958
July	—	1.2	5.5	6.1	20.2	55.8	11.0	163	4,045
Aug.	—	—	—	5.6	38.1	50.2	6.1	679	8,107
Sept.	—	0.5	1.5	31.2	43.8	20.6	2.4	1,187	13,190
Oct.	5.4	15.3	16.1	18.9	30.1	13.9	0.2	438	9,103
Nov.	—	0.4	5.2	15.5	38.3	30.6	10.1	794	10,479
Dec.	1.0	3.5	3.2	15.5	28.5	38.6	9.6	869	14,695

1957 Jan.	2.8	0.8	1.4	8.3	13.3	48.6	24.8	496	6,719
Mar.	—	—	—	12.7	30.9	43.6	12.7	236	4,056
1958 Feb.	—	—	0.8	2.0	26.8	48.2	22.2	706	4,864
Mar.	—	1.3	0.3	4.7	37.7	43.7	12.3	316	4,948
June	—	—	—	3.8	32.9	30.4	32.9	79	2,489
Oct.	—	—	1.0	—	1.9	43.3	53.8	104	791
Dec.	—	0.8	12.0	28.3	9.5	26.4	22.9	367	2,039
1959 Apr.	4.4	2.6	12.8	55.0	18.6	5.6	1.2	5,992	6,401

I-3. Middle part of the Indian Ocean area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	Above 150		
1954 Aug.	—	5.9	11.4	33.1	44.3	4.5	0.8	508	3,921
Sept.	—	0.1	0.7	4.3	40.5	41.8	12.7	2,152	22,098
Oct.	—	—	2.4	4.7	42.2	39.2	11.6	467	3,230
Nov.	0.4	0.1	3.0	16.7	46.0	31.5	2.5	1,689	12,512
1955 Jan.	0.1	—	1.0	12.1	37.5	41.3	8.1	1,001	12,846
Feb.	0.4	0.1	1.7	22.4	30.4	30.0	14.9	4,238	20,568
Mar.	2.7	0.2	1.0	27.4	26.1	22.8	19.9	1,553	6,566
Apr.	3.5	0.5	2.3	31.6	37.5	18.5	6.2	12,357	40,235
May	2.0	0.4	5.4	32.8	42.4	13.6	3.2	1,496	5,954
July	—	2.5	2.3	34.4	42.6	15.3	2.9	1,052	8,359
Sept.	—	—	0.9	9.9	26.4	44.0	18.7	647	4,937
Oct.	2.4	2.9	16.1	19.1	32.2	19.7	7.8	1,437	7,114
1956 Jan.	0.7	—	0.5	7.4	27.4	43.0	21.1	1,046	4,234
Feb.	3.4	0.4	2.4	15.6	36.6	32.7	8.9	2,520	7,216
Mar.	0.9	0.4	6.1	27.8	34.1	23.2	7.7	7,135	34,191
Apr.	0.8	1.1	4.6	38.0	24.4	22.2	8.9	944	10,601
May	18.6	5.0	7.6	16.9	26.4	19.4	6.2	907	2,495
June	0.3	3.6	1.0	37.9	34.6	18.6	4.0	306	2,244
Sept.	7.2	9.1	13.8	17.5	32.1	17.0	3.2	405	1,788
Oct.	—	—	2.9	7.6	30.2	44.8	14.5	172	2,045
Nov.	—	0.5	5.2	7.1	19.8	38.7	28.8	212	1,997
Dec.	2.6	1.8	4.6	8.7	16.1	48.2	18.0	1,141	14,725
1957 Jan.	1.4	0.5	4.3	11.7	16.1	39.3	26.7	1,245	10,415
Mar.	4.4	2.1	4.4	20.5	26.0	30.7	11.9	619	3,381
Dec.	2.9	1.1	18.0	30.0	21.4	20.9	5.8	800	3,756
1958 Jan.	—	1.1	10.9	24.0	17.3	34.8	11.9	1,407	7,347
Feb.	2.3	2.6	3.4	18.0	29.3	33.0	11.4	1,220	4,283
Mar.	—	—	1.3	17.8	24.4	45.4	11.0	381	1,933
1959 Jan.	—	1.7	—	17.2	25.9	44.8	10.3	58	1,333
June	3.7	6.4	9.7	51.6	24.2	4.3	—	483	1,226

I-4. Ceylon Island area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	Above 150		
1954 Mar.	—	0.3	3.8	21.2	44.9	28.2	1.6	316	2,927
Apr.	2.2	1.3	7.4	19.6	32.7	31.8	5.0	3,261	18,175
May	1.3	1.6	10.1	27.5	38.0	20.0	1.5	3,311	30,284
June	—	—	2.2	50.7	35.5	11.6	—	138	1,297
1955 Jan.	—	—	1.8	32.9	37.1	25.7	2.5	280	2,344
Apr.	4.1	0.7	5.6	44.8	27.5	15.0	2.3	3,295	13,243

1956 Mar.	—	0.2	3.7	36.5	33.0	23.2	3.4	564	2,627
Apr.	9.1	1.0	1.8	26.0	22.2	25.7	14.2	1,125	4,151
May	4.5	0.6	7.8	40.2	26.1	18.5	2.3	2,232	7,212
1957 Mar.	—	—	1.9	15.0	24.2	44.0	15.0	207	376
Apr.	8.7	13.4	10.1	17.5	18.1	20.1	12.0	149	2,001
May	—	—	10.0	16.2	27.5	39.4	6.9	160	2,061
July	—	—	—	13.2	53.8	31.1	1.9	106	910
1958 Mar.	0.2	1.0	11.2	29.0	28.4	22.7	7.3	954	3,901
Apr.	0.1	—	2.3	13.1	29.1	26.7	28.5	1,492	8,888
May	—	0.8	9.9	29.9	19.6	22.2	17.6	729	7,501
1959 Feb.	—	—	—	20.7	49.1	30.2	—	53	1,094
Mar.	0.7	6.4	18.3	29.2	27.4	16.0	2.0	815	12,473
Apr.	0.5	0.5	3.3	49.1	27.6	16.4	2.8	214	6,272
May	1.7	5.1	19.4	39.8	26.2	6.9	1.1	669	4,707

I-5. Andaman Is. and Nicobar Is. area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100～110	110～120	120～130	130～140	140～150	Above 150		
1954 Mar.	—	—	1.4	7.3	29.2	58.4	3.6	137	1,306
Apr.	1.7	1.4	5.1	12.9	26.3	27.5	25.1	712	2.378
May	2.4	1.9	9.7	32.7	31.3	19.8	2.2	825	1,721
1955 June	6.2	4.2	3.2	30.4	38.8	14.9	2.3	529	1,179
1958 Apr.	--	1.0	6.6	14.9	35.9	30.0	11.5	287	1,079

I-6. Western coast of Sumatra Island area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100～110	110～120	120～130	130～140	140～150	Above 150		
1954 Jan.	17.6	2.1	8.6	12.3	21.0	28.1	10.4	676	3,560
Feb.	11.3	6.3	4.4	10.0	20.6	38.1	9.4	160	747
Mar.	0.2	2.4	9.0	22.4	33.8	20.6	11.6	553	5,551
Apr.	—	5.5	6.6	7.7	37.3	37.3	5.5	91	1,998
June	—	0.2	1.6	22.4	48.3	25.4	2.0	637	2,937
July	—	—	2.7	9.5	68.9	16.2	2.7	74	1,319
Aug.	—	—	2.7	10.9	52.5	32.2	1.6	183	3,094
Sept.	0.9	15.4	34.4	13.6	20.8	13.1	1.8	793	1,308
Oct.	2.3	1.9	11.8	18.2	30.6	31.7	3.6	363	1,635
1955 Jan.	—	—	3.1	14.2	13.4	37.0	32.3	254	1,118
Feb.	5.7	0.3	13.5	29.6	28.3	21.3	1.3	371	1,896
Mar.	8.3	1.8	11.6	27.6	26.0	18.4	6.2	2,445	9,749
Apr.	0.3	0.8	8.1	31.4	31.1	23.4	4.9	749	1,587
June	—	—	7.0	28.6	36.6	25.7	2.2	413	915
Sept.	—	0.7	5.1	25.8	57.1	11.3	—	275	670
Nov.	—	—	—	23.0	59.0	16.0	2.0	100	1,294
1956 Jan.	5.6	0.8	6.0	17.0	29.6	31.5	9.5	1,813	5,401
Mar.	5.2	4.7	15.0	31.7	24.9	15.4	3.1	2,664	8,185
May	0.3	0.3	13.4	41.0	21.5	20.6	2.9	344	1,705
June	1.2	2.4	4.9	42.7	18.3	24.4	6.1	82	421
July	—	5.4	12.6	23.0	32.0	25.5	1.4	278	2,156
Aug.	—	—	9.4	15.6	43.1	26.9	5.0	160	1,283
Dec.	4.7	4.1	30.3	17.3	19.1	18.8	5.6	925	4,054

1957 Jan.	13.7	—	4.9	15.7	14.7	30.4	20.6	102	1,042
Apr.	5.9	26.9	3.7	20.1	18.7	22.4	2.3	219	1,130
Aug.	7.1	11.6	15.0	26.0	28.9	9.5	1.7	2,523	3,069
Dec.	12.2	3.1	25.7	32.7	11.3	10.1	4.9	327	1,234
1958 Jan.	0.4	3.3	32.0	33.3	13.8	12.1	5.1	456	1,899
Feb.	0.4	5.1	25.4	15.7	23.5	21.2	8.6	452	1,179
May	11.3	24.1	11.3	27.1	12.4	13.1	0.7	291	668
Nov.	2.3	5.7	40.9	19.3	20.5	6.8	4.6	88	380
1959 Apr.	28.2	1.7	6.3	19.3	21.6	20.5	2.3	176	501

I-7. Southern coast of Java Island area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	Above 150		
1953 Apr.	—	—	3.3	20.1	27.1	40.1	9.5	798	1,250
May	—	1.4	5.6	29.8	34.4	27.4	1.4	1,718	2,612
June	—	—	0.6	8.8	36.1	50.7	3.7	534	1,939
July	—	0.3	3.6	15.5	39.5	35.9	5.2	907	2,077
Oct.	—	—	1.5	13.3	47.3	32.1	5.7	915	2,244
Nov.	—	0.3	2.3	14.4	31.8	42.6	8.5	305	882
Dec.	6.0	1.4	2.0	7.1	17.3	49.2	17.1	1,356	5,589
1954 Jan.	—	—	2.0	18.0	34.7	29.8	15.6	551	1,393
Mar.	—	—	—	8.6	40.0	34.3	17.1	35	270
Apr.	0.2	1.7	6.2	22.3	34.6	29.2	5.8	936	3,663
July	1.9	28.7	29.6	11.1	13.0	14.8	0.9	108	569
Aug.	8.3	7.2	11.2	5.9	17.9	22.4	27.2	375	495
Sept.	—	—	17.4	26.1	26.1	17.4	13.0	46	47
Nov.	0.8	1.1	5.2	29.0	33.2	21.0	9.8	656	4,027
Dec.	6.6	0.9	6.2	24.2	20.8	26.8	14.7	1,050	2,028
1955 Jan.	3.3	1.5	9.3	26.1	24.5	25.0	10.3	1,438	2,678
Oct.	8.4	13.6	20.6	19.0	25.3	11.3	1.8	860	4,464
Dec.	1.8	—	10.0	41.8	24.5	21.8	—	110	855
1956 Apr.	—	—	—	2.3	53.5	34.9	9.3	43	481
June	—	—	—	24.3	37.8	37.8	—	37	423
Aug.	3.1	35.2	20.8	25.9	11.2	4.0	—	293	2,167
Dec.	3.0	5.2	18.8	15.8	23.3	25.8	8.2	330	1,179
1957 Jan.	11.2	3.9	15.9	17.2	24.5	20.9	6.2	383	1,961
Feb.	34.8	8.7	4.3	20.0	20.9	11.3	—	115	519
Mar.	17.2	19.3	14.7	16.8	15.7	12.7	3.6	197	714
Apr.	4.5	22.0	20.2	22.0	18.3	11.9	0.9	219	1,130
1958 Sept.	—	34.7	33.7	18.9	10.5	2.1	—	95	109
Oct.	—	9.5	50.0	19.0	16.7	2.4	2.4	42	818
Nov.	1.0	1.0	27.8	34.9	19.6	13.9	1.9	209	798

I-8. Western coast of Australia area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	Above 150		
1953 Feb.	—	—	2.4	8.1	40.3	43.5	5.6	124	600
Apr.	—	1.9	7.4	20.0	43.8	22.2	4.8	1,209	2,405
Nov.	—	—	1.7	5.5	18.9	59.5	14.6	964	2,076
Dec.	4.7	0.3	1.6	5.5	15.2	32.0	40.7	896	5,477

1954 Jan.	—	—	7.1	25.6	34.0	28.8	4.5	156	1,104
Feb.	13.2	2.2	4.5	8.8	7.6	22.0	41.7	1,067	3,185
Mar.	—	1.1	5.9	18.8	19.0	34.0	21.1	441	5,498
May	—	—	—	7.4	68.9	21.5	2.2	135	1,858
June	1.0	3.8	8.1	32.4	43.0	11.1	0.5	395	2,040
July	0.6	1.8	11.3	30.6	31.9	15.0	8.9	772	4,480
Sept.	—	—	1.8	10.6	25.8	48.0	13.7	329	1,269
Dec.	11.9	1.1	8.0	31.5	16.3	21.2	9.8	711	1,273
1955 Jan.	—	0.1	7.0	20.3	23.4	34.4	14.8	1,026	5,613
Feb.	1.1	0.3	0.5	8.4	23.3	33.8	32.7	3,305	10,434
Mar.	26.7	0.9	3.4	16.5	20.8	19.9	11.7	878	3,205
Apr.	—	—	—	24.0	52.0	8.0	16.0	25	647
Oct.	—	—	2.1	7.4	18.6	59.0	12.8	188	1.591
Dec.	—	5.8	17.1	24.1	26.2	17.1	9.6	187	1,470
1956 Jan.	—	—	—	5.9	21.5	58.7	13.8	455	2,672
Feb.	5.1	0.4	12.8	26.2	25.9	23.2	6.3	671	2,993
Mar.	5.7	6.5	12.4	32.7	29.3	12.0	1.5	542	1,560
Dec.	5.6	0.4	1.7	31.7	10.4	28.7	21.3	230	1,287
1957 Jan.	—	—	2.1	14.9	17.9	44.6	20.5	195	1,535
Feb.	14.8	7.2	11.4	17.2	19.9	23.5	6.0	1,003	2,449
Mar.	—	11.3	3.8	24.5	49.1	11.3	—	106	376
Sept.	8.6	8.7	6.7	22.3	23.3	25.1	5.2	669	705
Nov.	0.8	0.8	10.6	17.8	19.1	39.4	11.4	236	558
Dec.	—	0.3	4.2	39.3	26.1	24.7	5.3	379	1,107
1958 Feb.	0.8	8.5	22.5	25.0	17.6	18.1	7.5	507	1,218
Mar.	—	1.2	22.6	40.5	22.6	10.7	2.4	84	232
Aug.	—	—	—	—	25.0	50.0	25.1	16	604
Oct.	—	—	—	11.1	22.2	55.6	11.2	18	355
Nov.	—	—	1.0	2.0	13.0	69.0	15.0	100	563
Dec.	0.2	1.2	3.1	13.5	14.9	49.2	17.9	490	2,395
1959 Jan.	5.7	3.3	—	12.2	19.5	41.9	17.4	303	700
Feb.	—	—	2.2	15.1	35.9	42.4	4.3	141	758
Mar.	—	—	—	4.3	43.0	45.8	7.1	212	448
Apr.	—	—	—	—	38.5	61.5	—	13	54

I-9. Southern coast of Lesser Sunda Is. and Timor I. area.

Year, Month	Body length (cm)							Measured fishes	Total fishes
	Under 100	100～110	110～120	120～130	130～140	140～150	Above 150		
1952 Dec.	0.7	0.1	2.6	10.3	25.9	48.5	11.9	1,449	2,425
1953 Jan.	—	0.5	4.3	14.7	33.9	36.4	10.1	552	1,996
Feb.	0.9	0.6	5.7	17.8	34.8	33.2	7.0	2.492	6,130
May	—	0.4	8.0	15.7	32.3	39.3	4.4	1,998	4,036
Sept.	—	—	2.3	7.4	23.4	54.7	12.2	444	918
Nov.	0.9	0.7	7.7	10.8	21.1	39.5	19.3	2,215	6,005
Dec.	29.2	2.1	8.1	16.5	15.3	21.9	6.8	979	6,437
1954 Feb.	5.2	0.8	7.5	14.2	24.4	36.9	11.0	5,855	18,540
Apr.	—	—	2.8	38.9	37.5	19.4	1.4	72	338
May	—	22.4	23.1	17.2	18.7	14.9	3.7	134	891
June	—	1.1	22.7	13.6	42.0	19.3	1.1	88	288
July	—	10.7	10.9	13.6	34.2	28.2	2.4	412	793
Aug.	—	2.8	26.9	32.9	26.4	10.7	0.5	216	614
Dec.	0.3	1.4	5.1	51.8	20.4	15.0	6.0	633	2,060

1955 Jan.	21.4	6.8	4.6	39.5	17.7	7.5	2.4	1,984	4,314
Feb.	3.4	16.8	13.9	45.2	13.9	6.7	—	208	575
Mar.	13.1	34.6	5.2	28.9	15.6	2.5	—	863	2,040
Sept.	0.7	5.0	30.5	24.8	34.0	4.3	0.7	141	615
Dec.	—	0.9	11.9	48.5	23.1	13.0	2.6	454	4,195
1956 Jan.	5.7	1.5	12.9	43.7	24.6	9.8	1.8	1,363	4,795
Feb.	9.2	1.4	20.7	37.7	20.8	9.1	1.1	870	2,523
Mar.	12.7	4.6	14.4	36.7	21.7	7.8	2.2	562	1,680
May	—	1.4	4.1	40.5	33.8	20.3	—	74	355
June	0.5	4.0	6.3	39.4	37.8	11.2	0.9	429	1,495
July	—	—	12.9	37.1	28.6	15.7	5.7	70	575
Aug.	—	—	5.0	60.0	30.0	5.0	—	20	333
Sept.	3.4	16.9	37.3	18.7	20.3	3.4	—	59	353
Oct.	—	1.8	15.9	46.3	25.0	10.4	0.4	220	1,091
Nov.	—	0.1	16.2	57.1	18.8	6.4	1.5	687	4,060
Dec.	1.7	5.2	36.3	23.2	18.0	13.1	2.4	822	6,413
1957 Jan.	3.2	3.4	30.8	30.1	17.4	12.6	2.5	438	2,974
Feb.	8.1	6.4	20.0	32.6	18.2	11.5	3.3	576	1,885
Mar.	16.3	5.3	18.9	36.3	11.1	10.0	2.1	190	740
Dec.	11.5	4.2	29.2	23.7	17.7	11.1	2.7	452	1,692
1958 Jan.	1.4	1.8	17.6	35.3	19.7	18.6	5.6	2,547	8,468
Mar.	20.8	21.4	15.6	21.4	9.9	5.8	5.1	365	909
Apr.	—	6.3	26.2	8.1	23.2	21.7	14.4	271	274
Sept.	1.9	15.0	23.2	26.6	21.7	8.2	3.4	207	523
Oct.	—	4.7	18.6	32.8	24.5	16.6	2.8	253	255
Nov.	—	3.4	19.5	24.6	26.3	20.3	5.9	118	223
Dec.	—	7.3	22.0	24.4	19.5	22.0	4.9	41	214
1959 Apr.	22.6	12.3	7.7	23.4	22.1	8.9	3.0	235	308
May	13.3	9.4	17.4	35.3	20.7	3.7	0.2	459	1,024

Table Ⅱ. Fishing condition of yellowfin tuna (Copied from Tuna Fishing and its Year books)

Ⅱ-1. Arabian Sea area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1955 Feb.	1	23	10.75	86.2	12.48	4,468
Mar.	5	116	11.53	84.3	13.68	28,786
May	2	46	12.81	80.2	15.96	11,875
Sept.	1	26	7.62	86.3	8.83	4,823
Oct.	1	29	7.03	73.5	9.57	5,594
Nov.	1	33	5.34	75.3	7.09	3,850
1956 Mar.	4	94	9.70	84.3	11.51	16,395
Apr	2	52	6.10	67.0	9.11	7,705
May	2	83	7.66	74.3	10.31	19,207
July	1	33	2.23	42.0	5.40	2,945
Aug.	3	86	5.62	47.5	7.54	10,513
Sept.	1	13	2.47	44.0	4.96	1,349
1957 Apr.	2	38	4.53	74.7	6.07	4,612
July	1	41	1.24	26.8	4.63	3,177
Aug.	2	92	2.47	38.1	6.48	11,302
Sept.	3	49	3.80	52.7	7.22	6,331
Oct.	1	32	4.05	68.4	5.92	3,333

1958 Feb.	1	30	0.42	7.9	5.36	2,734
Mar.	5	76	2.01	40.6	4.94	6,492
Apr.	5	101	1.74	33.0	5.30	9,455
May	11	271	2.84	48.8	5.81	30,325
June	2	32	3.23	56.0	5.77	3,882
Aug.	1	30	2.35	39.9	5.90	2,960
Sept.	1	15	3.53	56.4	6.26	1,691
Oct.	2	20	5.15	61.7	8.35	2,958
Nov.	3	81	5.36	68.1	7.88	11,072
1959 Jan.	1	10	3.84	44.6	8.61	1,533
Feb.	10	143	3.51	52.6	6.65	17,142
Mar.	10	182	5.11	66.6	7.67	25,859
Apr.	10	144	5.79	73.9	7.84	21,387
May	10	177	5.82	68.8	8.46	24,356
June	2	18	4.81	64.4	7.47	2,009
July	4	80	2.25	45.6	4.18	6,508

Ⅱ-2. Western part of the Indian Ocean area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1955 Jan.	4	96	13.67	82.2	16.60	28,092
Feb.	10	191	9.12	80.5	11.33	38,913
Mar.	7	66	11.91	83.5	14.26	15,702
Apr.	11	282	11.05	78.8	14.01	69,157
May	8	117	14.60	85.9	16.99	53,367
June	10	219	7.90	70.4	11.19	46,460
July	4	122	7.21	70.8	10.18	22,829
Aug.	2	58	5.77	74.9	7.70	8,609
Sept.	9	216	7.12	71.7	9.91	36,455
Oct.	5	172	6.71	73.8	9.09	26,450
Nov.	9	238	7.55	81.5	9.25	39,558
Dec.	8	219	8.34	88.0	9.49	37,588
1956 Jan.	11	265	10.67	87.7	12.18	70,725
Feb.	17	407	10.35	85.9	12.05	88,243
Mar.	11	316	7.78	79.8	9.75	54,335
Apr.	8	309	8.14	78.2	10.40	58,463
May	8	232	6.83	65.7	10.39	40,566
June	14	455	5.73	63.5	9.03	69,348
July	5	176	6.67	74.9	8.92	27,364
Aug.	6	159	6.77	72.6	9.32	26,796
Sept.	7	211	6.69	71.6	9.34	34,076
Oct.	5	172	4.98	67.3	7,40	21,570
Nov.	6	248	4.54	77.1	5.88	27,494
Dec.	10	431	5.04	64.4	7.82	60,250
1957 Jan.	4	168	6.88	77.9	8.83	25,203
Feb.	4	171	5.26	72.5	7.26	24,912
Mar.	6	257	5.40	58.4	9.25	40,319
Apr.	1	30	4.12	50.4	8.18	4,886
July	4	89	2.34	39.2	5.98	9,150
Aug.	3	89	2.43	33.5	7.25	12,098
Nov.	2	47	2.65	43.3	6.11	5,247
1958 Jan.	5	106	5.66	68.9	8.22	17,447
Feb.	7	145	3.38	46.5	7.28	20,818
Mar.	5	134	3.48	49.8	6.98	16,902
Apr.	5	74	3.60	51.2	7.03	10,210
May	1	31	4.96	56.8	8.74	4,715
June	2	44	3.44	56.9	6.05	5,002
July	1	17	2.97	60.5	4.91	1,321
Aug.	1	31	0.88	12.7	6.94	3,872

Sept.	2	54	0.93	10.5	8.83	9,128
Oct.	3	81	1.98	24.6	7.27	12,012
Nov.	3	30	1.48	10.7	13.85	8,358
Dec.	7	163	1.29	12.5	10.37	34,883
1959 Jan.	6	111	1.96	26.2	7.48	16,757
Feb.	5	52	2.93	39.1	7.49	8,059
Apr.	5	68	5.09	64.4	7.90	10,559
May	2	15	5.06	66.3	7.64	2,345
June	2	28	5.58	67.9	8.22	3,867
July	1	14	2.64	66.3	3.98	1,114

Ⅱ-3. Middle part of the Indian Ocean rea.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1954 May	5	26	5.35	61.7	8.69	3,890
Aug.	4	122	5.38	61.2	8.81	18,647
Sept.	8	239	6.43	78.5	8.20	37,697
Oct.	2	65	5.83	81.7	7.15	7,701
Nov.	3	87	7.80	88.1	8.83	14,177
1955 Jan.	3	95	8.73	75.1	11.61	18,778
Feb.	8	170	7.89	70.7	11.18	32,285
Mar.	7	169	4.63	63.4	7.31	22,233
Apr.	15	321	7.75	72.9	10.64	59,633
May	3	51	8.72	82.4	10.59	9,717
July	4	91	5.19	63.8	8.13	13,100
Aug.	1	33	5.96	76.6	7.79	4,853
Sept.	5	149	5.33	74.7	7.13	18,657
Oct.	3	75	5.39	75.7	7.11	9,392
Dec.	1	13	5.14	71.3	7.21	1,620
1956 Jan.	2	44	5.74	60.5	9,49	6,994
Feb.	6	131	4.81	57.1	8.43	20,480
Mar.	15	339	7.08	77.8	9.10	52,995
Apr.	6	244	6.45	68.9	9.36	38,001
May	1	30	4.95	63.7	7.78	3,919
June	5	156	4.78	67.7	7.06	18,942
Aug.	4	90	4.03	57.1	7.05	8,678
Sept.	4	122	2.46	51.1	4.78	10,030
Oct.	2	58	4.11	61.8	6.64	6,529
Nov.	2	80	3.82	77.5	4.92	7,872
Dec.	7	196	5.03	68.8	7.31	25,998
1957 Jan.	9	210	4.27	59.1	7.22	28,432
Feb.	14	455	3.47	53.9	6.43	53,792
Mar.	12	333	2.55	43.8	5.82	34,752
Apr.	1	12	1.55	34.3	4.53	1,086
Dec.	5	105	2.87	47.5	6.05	11,955
1958 Jan.	11	213	3.64	61.3	5.93	24,457
Feb.	11	161	2.96	42.5	6.95	21,517
Mar.	6	106	1.93	29.7	6.49	12,290
July	2	35	1.69	26.5	6.36	4,066
Oct.	1	6	2.12	57.5	3.69	351
Nov.	2	19	1.04	14.4	7.22	2,713
Dec.	5	70	2.79	34.9	7.98	11,360
1959 Jan.	11	176	1.07	15.6	6.86	25,273
Feb.	3	28	2.50	37.6	6.67	3,529
Mar.	1	6	2.32	70.3	3.30	370
Apr.	9	67	3.75	69.2	5.42	7,124
May	3	34	2.89	66.1	4.38	3,050

June	3	69	4.68	74.6	6.27	8,071
July	7	137	1.83	32.5	5.63	11,987

Ⅱ-4. Ceylon Island area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1954 Mar.	2	45	7.03	74.8	9.40	7,544
Apr.	15	310	5.18	63.0	8.22	40,026
May	19	452	4.50	65.1	6.92	52,650
June	1	30	2.27	36.0	6.33	3,611
Aug.	1	19	8.69	85.1	10.23	3,291
1955 Jan.	1	25	5.16	64.1	8.03	3,650
Apr.	5	118	6.44	72.6	8.88	18,238
May	5	113	6.49	76.0	8.53	15,556
1956 Mar.	2	53	5.89	74.9	7.86	7,305
Apr.	4	81	5.80	67.6	8.58	12,251
May	10	176	5.72	70.2	8.15	24,213
June	2	34	5.46	70.4	7.76	4,332
1957 Mar.	11	239	2.83	56.2	5 03	22,462
Apr.	2	23	4.13	64.7	6.39	2,939
May	4	123	6.70	82.2	8.15	17,192
July	1	19	2.62	52.0	5.04	1,749
Dec.	1	6	1.97	40.9	4.81	597
1958 Jan.	1	9	1.49	38.8	3.84	565
Mar.	18	317	1.85	40.6	4.55	24,877
Apr.	25	361	1.92	61.2	3.14	42,649
May	13	287	2.13	61.0	3.50	21,656
June	3	31	1.70	54.2	3.13	1,796
1959 Mar.	16	341	0.36	63.6	5.72	36,601
Apr.	16	232	2.74	55.0	4.97	21,827
May	17	230	2.72	57.9	4.71	20,520
June	3	34	2.52	54.7	4.62	3,165

Ⅱ-5. Andaman Is. and Nicobar Is. area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1954 Mar.	1	10	8.59	79.9	10.76	1,635
Apr.	2	63	4.09	58.6	6.98	7,330
May	5	59	3.09	47.1	6.56	5,589
1955 May	1	27	5.04	75.1	6.71	2,997
June	1	23	2.85	50.3	5.65	2,343
1956 June	1	7	2.79	48.8	5.72	635
July	1	33	2.77	59.8	4.48	2,697
1957 Feb.	1	20	3.01	61.6	4.88	1,709
Aug.	1	21	1.17	46.1	2.54	807
1958 Apr.	8	110	3.06	62.4	4.91	7,949
May	1	10	3.13	70.0	4.48	903
June	1	20	1.64	61.3	2.68	904
1959 Mar.	2	7	3.05	57.3	5.33	598

Ⅱ-6. Western coast of Sumatra Island area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1954 Jan.	2	54	3.86	56.1	6.88	6,343
Feb.	3	92	6.47	77.3	8.37	13,637
Mar.	4	108	5.24	66.6	7.86	14,088
Apr.	1	24	5.02	69.4	7.24	2,881
June	2	79	2.00	34.6	5.76	8,477
July	1	25	3.25	48.9	6.62	2,692
Aug.	4	137	3.44	51.0	6.75	16,121
Sept.	1	23	3.39	44.7	7.60	2,934
Oct.	1	26	3.22	56.6	5.79	3,009
1955 Jan.	2	42	2.98	56.4	5.28	3,878
Feb.	2	46	4.82	58.6	8.24	6,659
Mar.	6	155	3.52	54.7	6.42	17,791
Apr.	2	47	1.85	45.9	4.03	3,458
June	1	14	3.59	49.4	7.28	1,854
Sept.	1	32	1.59	27.9	5.71	2,920
Oct.	2	20	1.97	38.7	5.09	1,629
Nov.	3	78	2.46	36.3	6.76	8,830
Dec.	1	17	2.15	35.9	5.98	1,430
1956 Jan.	4	97	3.19	41.2	7.71	13,102
Mar.	8	174	3.39	58.7	5.77	17,128
Apr.	1	22	6.14	78.1	7.86	2,732
May	4	56	3.57	60.5	5.90	5,878
June	3	47	1.87	42.3	4.41	3,709
July	5	140	2.40	49.2	4.87	11,739
Aug.	3	73	2.05	34.9	5.86	7,646
Sept.	9	209	1.46	28.4	5.14	19,659
Nov.	3	58	2.49	41.0	6.08	5,365
Dec.	6	154	2.19	37.5	5.84	15,480
1957 Jan.	2	41	2.75	44.6	6.17	4,181
Mar.	1	28	2.46	57.7	4.27	2,210
Apr.	1	26	2.35	51.8	4.60	2,181
June	1	23	1.89	58.9	3.20	1,118
Aug.	1	30	3.73	54.8	6.80	3,667
Nov.	1	10	2.81	52.1	5.38	1,076
Dec.	3	92	2.23	41.7	5.34	9,332
1958 Jan.	3	63	2.95	63.3	4.66	5,841
Feb.	5	65	2.61	62.6	4.17	5,181
Mar.	2	7	1.99	46.2	4.31	587
May	3	42	2.37	46.2	5.12	3,683
June	1	17	1.93	42.6	4.64	1,114
Nov.	4	65	2.13	43.4	4.91	6,285
Dec.	2	22	0.92	20.0	4.62	2,121
1959 Jan.	3	51	2.27	42.6	5.34	5,224
Feb.	3	41	2.07	48.1	4.32	3,275
Apr.	8	38	2.36	56.8	4.17	3,040
May	3	19	2.09	47.0	4.44	1,659
June	1	14	1.45	42.0	3.45	714
July	3	45	1.39	24.9	5.57	4,743

Ⅱ-7. Southern coast of Java Island area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1953 Apr.	4	82	2.14	27.4	7.79	11,443
May	2	59	3.97	34.0	8.74	7,691
June	1	20	5.70	50.6	11.27	3,831
July	1	20	5.77	40.7	14.19	5,110
Sept.	2	32	6.22	45.9	13.55	7,430
Oct.	5	82	4.15	52.9	7.85	10,608
Nov.	1	25	2.00	26.6	7.53	3,315
Dec.	4	113	2.85	50.2	5.68	11,136
1954 Jan.	3	57	1.37	31.5	4.36	4,428
Mar.	1	18	0.79	16.4	4.80	1,642
Apr.	4	95	2.83	51.8	5.45	9,344
June	1	19	1.70	19.9	8.52	2,649
July	4	115	2.12	30.7	6.91	13,982
Aug.	6	133	1.54	26.2	5.90	12,176
Sept.	5	106	1.65	23.4	7.05	12,041
Oct.	4	77	3.42	38.4	8.91	11,451
Nov.	12	269	2.67	40.7	6.56	29,906
Dec.	3	68	2.99	54.8	5.45	6,890
1955 Jan.	4	74	2.13	43.2	4.93	6,199
Sept.	3	61	1.71	23.6	7.26	7,630
Oct.	5	132	1.99	29.8	6.68	15,272
Nov.	2	28	2.67	34.8	7.69	3,615
Dec.	1	20	2.32	51.7	4.50	1,655
1956 Jan.	2	44	2.20	40.3	5.46	3,985
Apr.	2	38	1.30	15.9	8.17	5,260
June	2	15	1.58	20.7	7.64	2,047
July	1	22	1.85	24.9	7.42	2,500
Aug.	6	174	2.27	43.2	5.26	15,388
Sept.	7	125	1.17	21.5	5.44	12,046
Oct.	1	17	0.88	22.7	3.86	1,225
Nov.	4	111	1.63	40.7	3.99	7,522
Dec.	2	49	1.91	36.2	5.29	3,640
1957 Jan.	3	57	2.05	44.4	4.62	4,421
Feb.	2	41	0.87	15.3	5.66	3,392
Mar.	3	52	0.83	14.9	5.60	4,791
Apr.	1	13	0.57	23.4	2.44	649
Sept.	1	14	1.42	25.0	5.66	1,416
1958 Aug.	1	8	2.98	67.4	4.43	567
Sept.	2	15	1.24	24.8	5.01	1,439
Oct.	1	23	2.09	25.0	8.37	3,268
Nov.	4	51	2.06	38.9	5.30	4,782
Dec.	8	93	1.55	35.7	4.36	7,160
1959 Mar.	1	3	0.37	8.8	4.16	239
Apr.	4	18	0.56	11.2	5.01	1,249

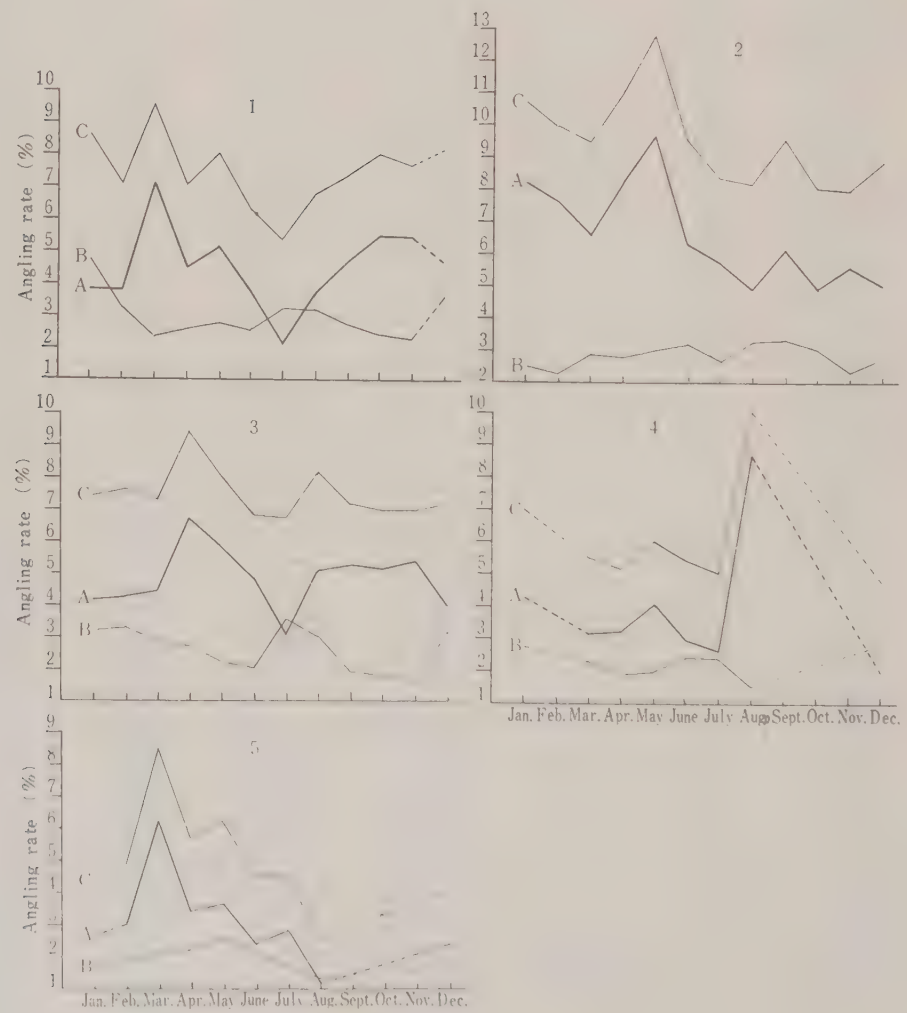
Ⅱ-8. Western coast of Australia area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1953 Jan.	1	12	1.67	25.4	6.55	1,572
Feb.	2	28	3.30	29.6	11.16	5,167
Mar.	3	59	3.40	35.6	9.55	9,597
Apr.	1	34	4.42	45.9	9.64	5,242
Nov.	3	73	1.49	32.8	4.53	6,325
Dec.	3	71	4.48	66.8	6.71	8,198
1954 Jan.	1	34	2.16	31.7	6.82	3,479
Feb.	3	51	3.64	51.5	7.08	6,188
Mar.	6	151	3.03	55.8	5.44	14,872
May	1	45	2.50	25.0	9.98	7,409
June	4	104	1.41	22.5	6.24	11,171
July	5	191	2.20	30.4	7.23	22,873
Aug.	1	39	1.21	24.0	5.05	3,152
Sept.	2	56	1.30	20.0	6.52	6,355
Oct.	1	7	0.46	6.9	6.66	739
Dec.	1	21	3.38	37.3	9.03	3,402
1955 Jan.	6	182	2.95	39.4	7.50	23,012
Feb.	13	247	4.55	60.7	7.47	32,096
Mar.	3	74	2.35	39.9	5.91	8,040
Apr.	2	47	2.01	26.8	7.52	6,304
Sept.	1	2	3.49	37.1	9.41	286
Oct.	1	41	2.56	32.1	7.99	4,960
Dec.	1	21	3.60	70.3	5.13	2,092
1956 Jan.	2	60	4.13	73.8	5.60	5,419
Feb.	8	208	2.16	31.6	6.83	24,651
Mar.	7	131	1.18	17.2	6.86	16,141
Apr.	1	26	1.34	24.1	5.63	2,642
Nov.	2	50	1.23	20.3	6.04	5,021
Dec.	5	161	2.27	43.6	5.21	13,928
1957 Jan.	5	107	1.65	36.7	4.50	8,381
Feb.	9	174	0.95	18.7	5.09	14,858
Mar.	2	46	0.57	10.1	5.60	4,374
Sept.	1	27	1.58	35.4	4.45	1,989
Nov.	2	31	1.59	31.7	5.03	2,920
Dec.	5	73	1.88	46.6	4.03	5,809
1958 Feb.	9	110	1.38	31.4	4.40	8,371
Mar.	4	49	0.81	14.3	5.67	3,932
Apr.	1	20	0.32	6.6	4.92	1,756
July	2	57	1.03	20.1	5.14	5,107
Aug.	1	36	0.87	16.8	5.17	3,605
Sept.	1	16	1.56	20.4	7.66	2,083
Oct.	3	39	1.99	28.1	7.06	5,540
Nov.	5	125	0.53	9.0	5.92	14,554
Dec.	13	185	1.14	17.3	6.60	23,463
1959 Jan.	18	195	0.83	10.5	7.94	30,159
Feb.	17	182	0.38	3.8	10.06	33,375
Mar.	29	431	0.20	2.5	8.10	61,712
Apr.	20	229	0.27	8.0	3.42	17,641
May	2	19	0.58	13.2	4.39	1,338

Ⅱ-9. Southern coast of Lesser Sunda Is. and Timor I. area.

Year, Month	Sampling vessels	Number of sets	Yellowfin tuna		Total	
			Angling rate (%)	Composition (%)	Angling rate (%)	Captured fishes
1952 Nov.	1	13	7.17	72.6	9.89	2,449
Dec.	5	53	8.03	66.8	12.03	9,452
1953 Jan.	3	53	4.66	46.3	10.06	9.067
Feb.	12	141	4.27	56.0	7.63	16,870
Mar.	1	15	1.37	27.9	4.91	1,289
May	3	77	2.74	39.2	6.99	10,299
Aug.	1	32	1.38	29.8	4.64	2,696
Sept.	1	15	3.64	38.1	9.56	2,408
Nov.	17	335	2.25	37.2	6.06	32,068
Dec.	6	116	4.26	68.2	6.25	11,410
1954 Feb.	2	36	1.71	50.5	3.38	2,265
Apr.	1	12	1.44	53.4	2.70	632
May	1	25	2.25	24.1	9.30	3,689
June	3	51	0.98	13.7	7.17	6,425
July	4	110	1.14	21.9	5.20	9,850
Aug.	1	28	1.69	36.4	4.61	2,092
Sept.	2	34	1.46	26.7	5.44	2,879
Dec.	4	85	2.35	47.5	4.93	7,449
1955 Jan.	3	48	4.74	75.6	6.24	5,680
Feb.	1	15	2.46	29.4	8.34	1,951
Mar.	1	22	5.60	84.4	6.66	2,423
June	1	16	3.82	55.4	6.87	1,831
Aug.	2	41	3.44	40.6	8.50	5,222
Sept.	1	19	1.64	30.0	5.45	2,050
Oct.	1	17	1.14	20.1	5.67	1,591
Nov.	1	11	4.20	57.8	7.26	1,273
Dec.	5	128	3.23	61.6	5.25	12,043
1956 Jan.	8	157	2.81	51.5	5.46	14,534
Feb.	7	137	1.85	47.3	3.90	8,907
Mar.	3	63	1.65	37.2	4.44	4,514
Apr.	1	13	0.44	11.0	4.01	949
May	3	62	1.20	14.3	8.38	7,913
June	7	111	1.81	21.3	8.50	15,054
July	6	124	1.95	31.6	6.16	13,650
Aug.	1	23	0.86	17.6	4.91	1,895
Sept.	12	198	0.94	13.6	6.93	21,842
Oct.	11	182	0.81	13.2	6.12	18,263
Nov.	18	555	1.56	38.0	4.10	39,486
Dec.	10	266	2.05	52.7	3.90	17,582
1957 Jan.	9	178	2.00	43.6	4.60	13,551
Feb.	7	120	1.10	23.2	4.73	9,115
Mar.	6	127	0.42	9.9	4.32	9,236
Apr.	1	24	0.83	22.4	3.70	1,654
Sept.	1	15	0.27	4.5	6.03	1,750
Nov.	1	7	0.81	21.6	3.73	453
Dec.	7	108	2.77	55.4	5.00	9,442
1958 Jan.	16	278	2.72	57.7	4.71	22,070
Feb.	2	27	1.48	34.5	4.29	2,045
Mar.	5	85	0.80	16.4	4.88	6,495
Apr.	2	29	1.52	20.9	7.29	2,940
Sept.	11	191	0.28	4.2	6.70	24,121
Oct.	5	71	0.42	5.4	7.76	8,779
Nov.	3	31	0.43	11.6	3.73	2,640
Dec.	8	102	1.25	33.1	3.79	6,806

1959 Jan.	7	96	1.09	27.0	4.04	6,531
Feb.	3	37	0.41	9.7	4.18	2,403
Mar.	4	61	0.39	10.8	3.62	3,922
Apr.	11	154	1.09	23.3	4.70	12,731
May	7	95	1.09	22.5	4.85	7,796
June	1	6	0.84	11.6	7.20	490
July	1	5	1.79	52.2	3.43	341



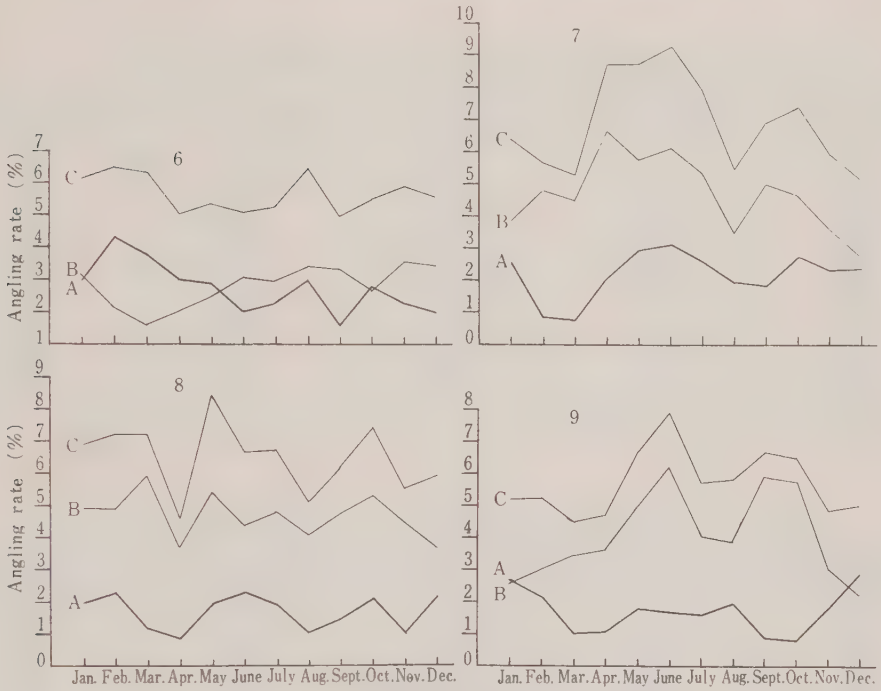


Fig. 3. Monthly angling rate "AVERAGE" in the years of 1952 to 1959.
A is yellowfin tuna, B is all other fishes and C is totals.
(1). Arabian Sea area (1955—1959).
(2). Western part of the Indian Ocean area (1955—1959).
(3). Middle part of the Indian Ocean area (1955—1959).
(4). Ceylon I. area (1954—1959).
(5). Andaman Is. and Nicobar Is. area (1954—1959).
(6). Sumatra I. area (1954—1959).
(7). Southern coast of Java I. area (1953—1959).
(8). Western part of Australia area (1953—1959).
(9). Southern coast of Lesser Sunda Is. and Timor I. area (1952—1959).

Table Ⅲ. Relation between fishing effort and fishing condition.

Ⅲ-1. Arabian Sea area (Feb./1955—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	10	17,800	8.612	68.4
Feb.	196	343,626	7.084	66.7
Mar.	468	812,476	9.543	123.8
Apr.	335	611,744	7.055	82.1
May	593	1,071,364	8.005	93.3
June	40	94,125	6.258	86.7
July	154	235,706	5.358	32.8
Aug.	208	364,033	6.806	64.0
Sept.	103	193,366	7.340	87.8
Oct.	81	150,195	7.913	101.4
Nov.	114	194,756	7.662	91.5
Dec.	—	—	—	—

Ⅲ-2. Western part of the Indian Ocean area (Jan./1955—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	746	1,471,911	10.749	162.4
Feb.	966	1,812,903	9.981	142.9
Mar.	773	1,345,327	9.459	114.4
Apr.	793	1,394,205	10.994	144.5
May	395	789,148	12.798	194.3
June	718	1,265,890	9.543	110.9
July	418	739,558	8.353	99.9
Aug.	337	621,699	8.177	90.3
Sept.	481	836,082	9.528	107.2
Oct.	425	747,926	8.026	87.0
Nov.	595	1,094,390	7.979	103.4
Dec.	813	1,502,691	8.832	93.7

Ⅲ-3. Middle part of the Indian Ocean area (Jan./1955—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	738	1,410,203	7.370	80.0
Feb.	1,045	1,730,861	7.603	70.7
Mar.	953	1,673,182	7.330	78.1
Apr.	644	1,121,920	9.434	116.4
May	141	256,649	8.017	105.8
June	225	397,232	6.800	83.8
July	263	438,257	6.652	50.7
Aug.	245	396,807	8.109	81.9
Sept.	510	930,088	7.137	95.4
Oct.	204	347,402	6.900	86.4
Nov.	186	357,929	6.918	102.2
Dec.	384	717,891	7.095	74.7

Ⅲ-4. Ceylon Island area (Mar./1954—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	34	60,150	7.007	75.4
Feb.	—	—	—	—
Mar.	995	1,806,098	5.470	57.4
Apr.	1,125	2,676,737	5.153	77.1
May	1,381	2,507,206	6.054	74.0
June	129	238,689	5.406	54.7
July	19	34,708	5.039	47.9
Aug.	19	32,160	10.233	147.1
Sept.	—	—	—	—
Oct.	—	—	—	—
Nov.	—	—	—	—
Dec.	6	12,410	4.811	40.7

Ⅲ-5. Andaman Is. and Nicobar Is. area (Mar./1954—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	—	—	—	—
Feb.	63	35,000	4.883	16.7
Mar.	17	26,399	8.459	97.0
Apr.	173	266,817	5.726	53.5
May	96	152,149	6.237	57.4
June	50	86,236	4.502	40.9
July	53	58,160	4.482	30.4
Aug.	21	31,820	2.536	17.7
Sept.	—	—	—	—
Oct.	—	—	—	—
Nov.	—	—	—	—
Dec.	—	—	—	—

Ⅲ-6. Western coast of Sumatra Island area (Jan./1954—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	348	626,574	6.156	54.4
Feb.	244	443,870	6.478	78.9
Mar.	472	818,173	6.332	65.1
Apr.	157	281,320	5.080	54.6
May	117	208,717	5.376	51.8
June	194	336,265	5.051	35.4
July	210	366,872	5.226	39.4
Aug.	240	422,815	6.488	53.7
Sept.	264	514,513	4.959	31.7
Oct.	46	84,000	5.521	50.8
Nov.	211	366,642	5.879	40.4
Dec.	285	509,716	5.564	37.3

Ⅲ-7. Southern coast of Java Island area (Apr./1953—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	232	295,933	6.432	32.9
Feb.	41	59,904	5.662	12.7
Mar.	73	125,486	5.317	13.8
Apr.	246	434,362	8.736	37.1
May	59	87,984	8.741	44.3
June	54	91,866	9.282	53.5
July	157	272,114	7.935	44.6
Aug.	315	511,896	5.495	32.4
Sept.	343	606,002	6.931	33.0
Oct.	331	563,153	7.427	47.3
Nov.	484	825,837	5.950	39.8
Dec.	343	592,591	5.144	41.1

Ⅲ-8. Western coast of Australia area (Jan./1953—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	590	1,044,722	6.894	35.2
Feb.	933	1,737,531	7.177	42.6
Mar.	941	1,654,952	7.170	21.5
Apr.	356	736,120	4.562	17.6
May	64	104,696	8.355	31.8
June	132	225,993	6.654	39.0
July	248	415,618	6.733	32.2
Aug.	75	132,166	5.114	18.1
Sept.	101	172,368	6.215	24.8
Oct.	87	151,630	7.412	36.8
Nov.	279	526,535	5.474	19.1
Dec.	532	967,734	5.879	39.6

Ⅲ-9. Southern coast of Lesser Sunda Is. and Timor I. area (Nov./1952—July/1959).

Month	Number of sets	Total used hooks	Total fishing rate (%)	Yellowfin caught per set
Jan.	910	1,372,290	5.205	40.0
Feb.	513	831,533	5.238	35.9
Mar.	373	621,017	4.489	17.4
Apr.	232	401,864	4.705	18.9
May	259	44,289	6.705	30.2
June	184	300,080	7.931	28.0
July	239	420,868	5.667	27.8
Aug.	124	203,530	5.849	32.4
Sept.	472	819,836	6.715	13.5
Oct.	270	439,439	6.516	11.9
Nov.	952	1,615,773	4.838	31.2
Dec.	858	1,461,633	5.075	48.7

"イタニグサ" *Ahnfeltia plicata* より寒天の新製造法に関する研究 -Ⅳ

イタニグサ及び伊谷寒天の成分について※

田川昭治・小島良夫・香野　実

Studies on the New Method of Preparation of Agar agar from *Ahnfeltia plicata*—Ⅳ. On the Constituents of *Ahnfeltia plicata* and Agar agar prepared from it※

By

Shōji Tagawa, Yoshio Kojima and Minoru Kōno

There are few reports on the chemical constituents of *A. plicata* and agar agar prepared from it. The authors previously reported both the new method and industrialization of Itani agar preparation, [1) 2) 3)] furthermore ordinary chemical analysis of Itani agar prepared by the industrial method and the natural freezing one are carried out for the purpose of comparing two agars in quality, the results of which are compared with the data of other agar agars.

The most remarkable peculiarity of Itani agar is SO_3 content. The contents of SO_3 in ash of agar agars from *Gr. verrucosa* and *G. amansii* are nearly over 50 % in ash, but those of Itani agars prepared by the industrial method and the natural freezing one are ca 5 % and ca 18 % respectively. (table 7) The molar ratios of Ca, Mg and SO_3 in ash are 1.15 in agar agar from *Gr. verrucosa*, 1.43 in those from *G. amansii*, on the other hand, it shows 17.78 in Itani agar prepared by the industrial method. (table 9)

※ 水産講習所研究業績　第309号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 309.
Received June 23, 1960.
1960年4月　日本水産学会年会（於 東京）にて発表.

Ⅰ 緒　　言

第2次大戦前，樺太及び長野県の一部において，達磨湖産の**イタニグサ**を使用して伊谷寒天が製造され，樺太寒天の名称で製菓原料として賞揚されていたが，戦後原料の入手が不可能となったので，伊谷寒天の製造は中止されていた。従って**イタニグサ**及び伊谷寒天の成分についての研究は殆んど行はれなかった状態である。

著者らは前報[1)2)3)]に述べたように，近年輸入された沿海州産の原藻を使用して伊谷寒天の新製造法を提唱し，次いでこの方法による工業化試験にも成功したのである。

今回，伊谷工業寒天と伊谷天然寒天の品質比較の目的でその化学成分の主なるものにつき分析を行い，更に以前著者らの一人（小島）が，テングサ寒天及びオゴノリ寒天につき分析した資料[4)]とも比較検討を試み，若干の知見を得たので報告する。

Ⅱ 試料及び実験方法

Ⅱ－1 試　　料

イタニグサ原藻：沿海州産イタニグサを充分水洗して，附着した土砂，貝殻等を除き風乾したもの。

イタニ前処理原藻：原藻を0.375％苛性ソーダ溶液で75°C，4時間処理し，水洗，乾燥したもの。

伊谷天然寒天：イタニグサを前処理を施さず稀石灰溶液にて20時間常圧煮熟して寒天質を抽出し，天然凍乾した細寒天。

伊谷工業寒天（実験室製）：前処理原藻を前報[1)2)]にしたがい加圧抽出，圧搾脱水，乾燥してフィルム状としたもの。

伊谷工業寒天，（工場製）：前報記載[3)]のパイロットプラントにて製造したもので，圧搾脱水，乾燥後，粉末化したもの。

Ⅱ－2 実 験 方 法

水分：105°C，4時間の乾燥減量を水分量とした。

灰分：常法にしたがい乾式で行った。

無機成分及び灰中 SO_3：すべて常法にしたがい重量法で行った。灰中 SO_3 は $BaSO_4$ として秤量し，SO_3 に換算した。

還元糖：試料を100倍量の3.5％硫酸と湯浴中にて加熱，加水分解し，一時間毎にその分解液の還元糖を Bertrand 法により分析し，その加水分解曲線より最高糖量を Galactose として算出した。

粗繊維：A.O.A.C. 公定法に準拠して実施した。

粗蛋白：Kjeldahl 法により窒素量を求め，6.25を乗じて粗蛋白とした。

Ⅲ 結果及び考察

一般に海藻は同一種でも，その産地，採取時期により，その成分比が異るので一概に比較するのは妥当でないかも知れないが，一応分析結果にしたがって考察を試みた。実験結果は第1表～第9表に示す通りである。

Ⅲ－1 イタニグサと他の寒天原藻との成分量について

第1表より分るように，灰分及び粗蛋白については，イタニグサはオゴノリ及びテングサに比して著るし

い差異は認められない。還元糖については，オゴノリ及びテングサより可成り低い値を示しているが，これは伊谷寒天製造の収率が他の2者より低いことから考えると，元来イタニグサはその寒天質含量が少いものと思はれる。

Table 1. General constituents of *A. plicata* and some other agarophytes.

	A. plicata	Fore-treated *A. plicata*	*Gr. verrucosa*	Treated *Gr. verrucosa*	*G. amansii*
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Moisture	10.63	15.66	19.78	10.47	17.95
Ash	3.83 (4.28)	4.12 (4.89)	5.95 (7.43)	2.03 (2.26)	2.97 (3.62)
Crude cellulose	6.15 (6.88)	16.28 (19.31)	—	—	—
Crude protein	13.79 (15.44)	13.10 (15.54)	8.16 (10.35)	1.74 (1.94)	13.08 (15.95)
Reducing sugar (as galactose)	27.96 (31.30)	27.36 (32.85)	48.58 (60.50)	55.75 (62.26)	38.01 (46.30)

Note: The values for the dry matter are shown in parentheses.

Table 3. Inorganic constituents of *A. plicata* and some other agarophytes.

	Ash	Total SO_3	SO_3 in ash	CaO	MgO	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2	P_2O_5	Tatal SO_3 / SO_3 in ash
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
A. plicata	4.28	0.91	0.87	1.35	0.56	0.77	0.12	0.44	1.05
Fore-treated *A. plicata*	4.89	0.77	0.69	1.67	0.89	0.50	0.11	—	1.11
Gr. verrucosa	7.42	6.56	3.53	2.02	1.07	0.82	0.83	—	1.86
G. amansii	3.63	1.75	1.64	1.25	0.37	0.13	0.49	—	1.07

Table 4. Inorganic constituents in ash of *A. plicata* and some other agarophytes.

	Ash	Ash					
		SO_3	CaO	MgO	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2	P_2O_5
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
A. plicata	4.28	19.84	33.40	13.36	17.79	2.88	10.33
Fore-treated *A. plicata*	4.89	13.12	35.09	18.63	9.97	2.08	—
Gr. verrucosa	7.42	50.03	26.94	13.71	11.34	11.78	—
G. amansii	3.63	44.40	34.43	10.50	3.50	13.41	—

また無機成分については第4表より分るように，CaO 並びに MgO についてはオゴノリ及びテングサと大きい差異は認めがたい。3価の金属は他の2原藻より含量が多く，SiO_2 については他の2者の½程度である。イタニグサの最も特異的な成分は SO_3 である。即ち全 SO_3 はオゴノリの½，テングサの½であり，またテングサ及びオゴノリでは灰分中 SO_3 は灰分の¼に近い比率を示すのに対し，イタニグサでは⅛以下である。また CaO+MgO の含量がその灰分中に占める割合は，イタニグサ，オゴノリ及びテングサ

の三者共に略々同じ値を示すのに対し，それと対応すべきアニオンが，イタニグサのみ非常に少い結果が出たことについては疑問であるが今後の研究に移すことにする。

Ⅲ－2　イタニグサの前処理効果

著者らは，伊谷寒天製造工程において原藻の色素除去並びに皮質軟化の目的で，稀アルカリ溶液による前処理を実施した[1]。第2表は第1表の数値を基礎にして，前処理イタニグサの平均収率80.4％を考慮に入れてイタニグサ乾物に対する各成分割合を示したものである。

Table 2. Change of general constituents caused by fore-treating of *A. plicata*.

	A. plicata	Fore-treated *A. plicata*
	(%)	(%)
Ash	4.28	3.91
Crude cellulose	6.88	15.54
Crude protein	15.44	12.49
Reducing sugar (as galactose)	31.26	26.42

この表に示すように，前処理により灰分，粗蛋白及び還元糖は一部溶解除去せられ，結果的に粗繊維含量が増加している。還元糖の減少は好ましくない現象でありその流失を最低に抑えねばならないが，アルカリ前処理を効果的に実施するには避けられぬことで，最適の条件で行っても，前処理廃液中250 mg/ℓ 程度の溶解は避けることが出来なかった[1]。

Ⅲ－3　イタニグサより寒天にいたるまでの SO_3 の変化について

第3，4，6及び7表より分るように，SO_3 については製造工程がすすむにつれてその比率は減少し，製品においては全SO_3，灰分中SO_3 共に原藻の$\frac{1}{2}$～$\frac{1}{3}$に減少している。その減少の割合は工業寒天において特に著るしい。伊谷工業寒天においては，製造工程中，脱色及び脱アルカリの為に心太を長時間水洗するので，谷井[2]が報告しているように，その際SO_3 含量の多い水溶性物質が流失し，SO_3 の減少が顕著にあらわれたのではないかと考えられる。また圧搾脱水法と凍結脱水法とでは，凍結法の場合が常に寒天収率が良好で，逆にそのゼリー強度は低い事実から考えると，圧搾法においては，脱水の際寒天中の水溶性糊質が一部除去されるのではないかと考えられる。すなわち水洗工程はなく，凍結法により製造された工業寒天及びテングサ寒天では，伊谷寒天の場合とは全く逆に，製品灰分中のSO_3は原藻灰分中のそれより幾分

Table 5. General constituents of Itani agar prepared from *A. plicata* and some other agar agars.

	Itani agar I	Itani agar II	Itani agar III	Agar agar from *Gr. verrucosa*	Agar agar from *G. amansii*
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Moisture	21.36	11.68	20.59	18.00	22.92
Ash	2.36	1.76	1.66	1.28	1.57
Crude protein	3.63	1.37	1.53	0.41	0.81
Reducing sugar	60.64	69.27	60.67	61.25	54.20

Note: Itani agar I is prepared from *A. plicata* by the natural freezing method.
Itani agar II is manufactured from *A. plicata* by the industrial mechanical method.
Itani agar III is prepared from *A. plicata* by the laboratory methfod.

高い比率を示しているのは，前述の考えを裏づけるものと思う。

Table 6. Inorganic constituents of Itani agar prepared from *A. plicata* and some other agar agars.

	Ash	Total SO_3	SO_3 in ash	CaO	MgO	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2	P_2O_5	Total SO_3 / SO_3 in ash	Jelly strength
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(g/cm²)
Itani agar I	3.01	0.54	0.54	1.90	0.16	0.07	0.17	—	1.00	570
Itani agar II	1.99	0.09	0.09	0.64	0.30	0.35	0.35	0.24	1.00	640
Itani agar III	2.01	0.12	0.11	0.59	0.29	0.35	0.40	—	1.09	650
Agar agar from *Gr. verrucosa*	1.55	1.28	0.99	0.55	0.18	0.22	0.19	0.06	1.29	650
Agar agar from *G. amansii*	2.05	1.32	1.28	1.05	0.27	0.08	0.03	trace	1.03	350

Note : Itani agar I is prepared from *A. plicata* by the natural freezing method.
Itani agar II is manufactured from *A. plicata* by the industrial mechanical method.
Itani agar III is prepared from *A. plicata* by the laboratory method.

Table 7. Inorganic constituents in ash of Itani agar prepared from *A. plicata* and some other agar agars.

	Ash	Ash					
		SO_3	CaO	MgO	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2	P_2O_5
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Itani agar I	3.01	18.22	63.77	5.26	2.25	5.81	—
Itani agar II	1.99	4.29	32.30	15.04	17.94	15.55	12.70
Itani agar III	2.09	5.19	28.27	13.34	16.62	18.94	—
Agar agar from *Gr. verrucosa*	1.55	63.81	35.29	11.70	11.35	11.95	2.61
Agar agar from *G. amansii*	2.05	64.21	46.40	13.01	4.10	2.09	trace

Note: Itani agar I is prepared from *A. plicata* by the natural freezing method.
Itani agar II is manufactured from *A. plicata* by the industrial mechanical method.
Itani agar III is prepared from *A. plicata* by the laboratory method.

Ⅲ—4 伊谷工業寒天と伊谷天然寒天との品質比較

この両者は製造工程が異るので，その成分比に相異があることは当然予想されるが，分析結果から両者の商品としての優劣を判断することは可能であると考える。

第5，6及び7表に見られる通り，灰分，及び粗蛋白については工業寒天が天然寒天より少なく，MgO，二価の金属及び SiO_2 については天然寒天の方が少ない。これは製造工程中の使用器具，薬品，用水の差異が可成り影響していると考えている。また SO_3 については工業寒天は天然寒天の½程度であるが，これは前にも述べたように天然法はゲル水洗工程がなく，また凍結脱水法を採用している為であろうと考えられる。CaO については天然寒天は工業寒天の約2倍の含量になっているが，これは天然寒天が石灰抽出法を採用しているので Ca が寒天に吸着残留している結果であろうと考えられる。

また両者の成分含量を輸出規格の面より検討すれば，天然寒天は粗蛋白について規格等外品となるのに反し，工業寒天は粗蛋白のみ1等規格で他の成分は特等規格である。この点のみより判断しても，工業寒天が天然寒天より高い商品価値を有すると考えても差支えないと思う。

Ⅲ－5　灰分中の Ca 及び Mg と SO_3 とのモル比について

第8表及び第9表にこれらの原藻及び寒天の灰分 100 g 中の CaO 及び MgO のモル数と，それに対応すると考えられるアニオンとして SO_3 のモル数とを比で表はしている。

Table 8. The molar ratio between Ca, Mg and SO_3 in ash from several kinds of agarophytes.

	rSO_3	rCa	rMg	rP_2O_5	$\frac{rCa}{rSO_3}$	$\frac{rCa+rMg}{rSO_3}$	$\frac{rCa+rMg}{rSO_3+rP_2O_5}$	$\frac{\text{Total } SO_3}{SO_3 \text{ in ash}}$
A. plicata	0.496	1.202	0.343	0.219	2.42	3.11	2.16	1.05
Fore-treated *A. plicata*	0.328	1.263	0.916	—	3.85	4.71	—	1.11
Gr. verrucosa	1.251	0.970	0.673	—	0.78	1.31	—	1.86
G. amansii	1.110	1.246	0.522	—	1.11	1.58	—	1.07

Table 9. The molar ratio between Ca, Mg and SO_3 in ash from several kinds of agar agars.

	rSO_3	rCa	rMg	rP_2O_5	$\frac{rCa}{rSO_3}$	$\frac{rCa+rMg}{rSO_3}$	$\frac{rCa+rMg}{rSO_3+rP_2O_5}$	$\frac{\text{Total } SO_3}{SO_3 \text{ in ash}}$
Itani agar I	0.455	2.295	0.263	—	5.04	5.62	—	1.00
Itani agar II	0.107	1.163	0.740	0.268	10.87	17.78	5.07	1.00
Itani agar III	0.129	1.017	0.656	—	7.88	12.96	—	1.09
Agar agar from *Gr. verrucosa*	1.595	1.271	0.575	0.055	0.80	1.15	1.12	1.29
Agar agar from *G. amansii*	1.605	1.670	0.640	—	1.04	1.43	—	1.03

Note: Itani agar I is prepared from *A. plicata* by the natural freezing method.
Itani agar II is manufactrued from *A. plicata* by the industrial mechanical method.
Itani agar III is prepared from *A. plicata* by the laboratory method.

表に見られるように，イタニグサ及び伊谷寒天はオゴノリ及びテングサ並びにそれらの寒天に比較してその比が大きい。この傾向は特に工業寒天において著るしく，オゴノリ寒天及びテングサ寒天の10倍以上の結果になっている。このことは元来イタニグサに SO_3 が少なく，その上工業寒天製造工程（特にゲル水洗及び圧搾脱水工程）において可成りの SO_3 が流失していると考えられる。

またこの比が余りに大きいことから，SO_3 以外の結合成分の存在を考え，一部の試料につき PO_4 の定量を行った結果，イタニグサ灰分中 P_2O_5 として 10.33%，伊谷工業寒天（工場製）灰分中 12.70 %の値を得た。由本[3]は紅藻類においては P_2O_5 として平均2%前後の値を報告しており，また柳田[2]によれば寒天灰分中 P_2O_5 として約2%と報告されている。

また谷井[4]は樺太産イタニグサ及び伊谷寒天の全 SO_3／灰分中 SO_3 を 1.00～1.3 と報告しているが，これは著者らの結果と略々一致する。

このように，全 SO_3 ／灰分中 SO_3 が1に近いこと，PO_4 が多いこと並びにイタニグサの寒天質が一般の紅藻類のそれと異りアルカリによってのみよく抽出される事実は甚だ興味あることであるが，今後の研究に俟ちたい。

Ⅳ 要　　約

1．イタニグサはオゴノリ及びテングサにくらべ元来その寒天質が可成り少ない。
2．イタニグサの脱色並びに皮質軟化の目的で前処理を実施しているが，これにより灰分及び粗蛋白も一部流失して原藻の精製に役立っている。
3．伊谷工業寒天は天然寒天にくらべ可成りの SO_3 の流失が考えられるが，化学成分より見た商品価値は工業寒天の方が良好である。
4．イタニグサ及び伊谷寒天は他の原藻及び寒天にくらべ SO_3 が少なく，PO_4 が多いことより，PO_4 も寒天質の結合成分として関与しているのではないかと推論した。

終りに，本実験の試料の提供をうけた東海化成K，K，に深謝し，実験の一部に協力された都原靖人氏に感謝する。

文　　献

1）小島良夫・福島保明・香野　実，1960：イタニグサより寒天の新製造法に関する研究—Ⅰ．本報告，**9**（1）．
2）小島良夫・田川昭治・香野　実，1960：イタニグサより寒天の新製造法に関する研究—Ⅱ．本報告，**9**（3）．
3）小島良夫・田川昭治・香野　実，1960：イタニグサより寒天の新製造法に関する研究—Ⅲ．本報告，**9**（3）．
4）小島良夫・舟木好右衛門，1951：オゴノリより寒天の製造に関する研究—Ⅳ．日水産，**16**（9）．
5）谷井　潔，1957：寒天に関する研究．東北水産研，**9**．
6）山本俊夫，1960：海洋に関する研究—第78報．日化，**81**（3）．
7）柳川鉄之助，1946：寒天．産業図書出版K．K．

"イタニグサ" *Ahnfeltia plicata* より寒天の新製造法に関する研究—V.

伊谷寒天の性質について※

小島良夫・田川昭治・山田芳生

Studies on the New Method of Preparation of Agar agar from *Ahnfeltia plicata*—V. On the Properties of Itani agar※

By

Yoshio KOJIMA, Shōji TAGAWA and Yoshio YAMADA

The properties of Itani agar which was manufactured from *Ahnfeltia plicata* by the author's previous method were compared with Ogonori agar prepared from the alkali treated *Gracilaria verrucosa* and Tengusa agar from *Gelidium amansii*, from the view points of jelly strength, melting point, available coagulating concentration and syneresis of gels or setting point and viscosity of sols.

These results were as follows

1) Jelly strength increases linearly with increasing concentration of agar as shown in Fig. 1. The relation between the concentration(C) of agar and jelly strength (J) may by expressed by the following equation: $J=B+\alpha C$; B is constant. The values of α calculated from the inclination of each straight lines were as follows; Ogonori agar, 960; Itani agar, 680; Tengusa agar, 510(made in Japan) or 540 (made in Korea).

2) Available coagulating concentration of Itani agar was lower than those of Tengusa and Ogonori agars.

3) The quantity of synerized water from the gel increases with decreasing concentration of agar or jelly strength. Especially, the amount of synerized water from Ogonori and Tengusa agar gels increased in sharp curve with decreasing concen-

※ 水産講習所研究業績　第310号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 310.
Received June 23, 1960.
1960年4月　日本水産学会年会（於 東京）にて講演発表.

tration less than 1 %, however, Itani agar increased not so much as shown Fig. 5.

The relations between logarithms of value of jelly strength (J) or concentration (C) of agar and the amount of synerized water (S) were linear as shown Fig. 7 or 8, and it may be expressed by the following equation:

$$S=\frac{b}{J^n} \text{ or } S=\frac{a}{C^n};$$ a and b are constant.

The values of n obtained from the above equations were as follows; Itani agar, 1.4–1.1; Tengusa agar, about 2; Ogonori agar, 2.4—2.7, respectively. Therefore, when the concentration and jelly strength of agar decreases, the amount of synerized water increases in inverse proportion to the n'th power of its concentration and jelly strength.

4) The melting point of gel and the setting point of sol increases with increasing the concentration and jelly strength of agar. But the melting points of Tengusa and Ogonori Agar gels did not particularly changed in concentration above 1 %. At the same concentration, the melting point of Itani agar gel was lower than that of the others. Also, the deviation between the melting and setting points of Itani agar was smaller than that of the others.

5) The measurement of viscosity of agar sol has been made with warm solution at 40°C. The relative viscosity of sol increases with increasing concentration of agar as shown Fig. 12.

Arrhenius's equation ($\log\eta_{rel}=K\cdot C$) gave the approximate value within concentration limits of 0.06—0.2 % as shown Fig. 13. From this equation, values of K were calculated as follows; Ogonori agar, 0.9; Itanl agar, 1.12; Tengusa agar, 1.22. In the relation between the reduced viscosity(η_{sp}/C) and concentration (C) of Tengusa agar, the minimum point occurred at a concentration of 0.14 % as shown Fig. 14. This phenomenon was not found on Ogonori and Itani agar, because it may be due to the effect of alkali used on the treatment or extraction.

オゴノリのアルカリ処理法りが寒天の工業的製造に採用されて以来，最近特に工業寒天の進展は著しく，今や完全に近い企業態勢になりつつある。その生産量は我が国の総生産量の約40%に達せんとしている。このように一般に上**オゴノリ**寒天は天然寒天に比して非常に強い強度が高いので製菓原料として使用する場合，濃度を低下して強度を下げるため，ゼリーから多量の離漿水が出る。特にゼリー菓子，羊羹等ではこの離漿水の問題が屢々論ぜられて来た。戦前伊谷寒天（糀太寒天）がこれ等の原料として特に要望されていたのは，一般寒天に比して溶解性に良い，ゼリーに弾力性がある，また離漿水が甚だ少ないこと等の性質を持っていたからである。

著者等は最近輸入された**イタニグサ**より伊谷寒天の新製造法を研究し，次いでこの方法による工業化試験にも成功したのである。本報においてはこの方法によって製造された伊谷寒天が果して本来の特性を持っているか否かについて究明を試みたのである。

即ちその凝固能力，融点，強度及び離漿水量，更にゾルの粘度，凝固点等を濃度の関係から測定し，併

せて**テングサ**及び**オゴノリ**寒天とも比較検討し，寒天品質向上について言及したのである。この種の研究については谷井[4]が一般寒天のゲルの剛性係数及び破断点から追及した報告がある。

その結果著者等の方法によって得た伊谷寒天はオゴノリ寒天及びテングサ寒天に比して全く特異の性質を有し，従来から呼称されていた事実を証明することが出来た。

Ⅰ 試　　料

1）粉末伊谷寒天：沿海州産**イタニグサ**より 1959年本法によって工業的に製造されたもの，含水率 12.92%，ゼリー強度 760 g/cm²

2）粉末オゴノリ寒天：北海道厚岸産**オゴノリ**をアルカリ処理し，加圧抽出及び圧搾脱水法により1958年製造されたもの。含水率21.70%，ゼリー強度 870 g/cm²。

3）粉末テングサ寒天：南朝鮮産**テングサ**を常法にて処理し，凍結脱水法にて1958年製造されたもの。含水率20.05%，ゼリー強度 490 g/cm²。

Ⅱ 寒天濃度とゼリー強度との関係

1）　寒天濃度の決め方

寒天は製品によってそれぞれ含水率が異なっているので含水寒天を所定濃度のゾル或はゲルにしても絶対量が異なるから同一濃度とはならない。即ち無水物の寒天に対する濃度で表わさなければならない。

a．各寒天の一定量を採り，105°C，4時間乾燥して無水物量を求め，含水寒天濃度に無水物率を乗じて無水物濃度とする方法。

b．各寒天の概略濃度のゲルを作り，その重量を求めてから，60°Cで乾燥し更に 105°C，4時間乾燥して無水のフイルム状寒天の重量を測定しゲル中の寒天濃度を算出する方法。

以上の二つの方法を同一寒天について無水物としての濃度を求めた結果良く一致したが（a）の方法が簡単なので以下凡てこの方法によって濃度を算出した。

2）　ゼリー強度測定法

所要の濃度で作成したゾルを20°Cで一夜放冷しゲルとした。ゼリー強度は日寒水式によって測定した。

3）　結果及び考察

三種寒天の濃度を変えた場合のゼリー強度の変化を示すと第1図のようである。

第1図からわかるように三種寒天ともこの範囲の濃度ではゼリー強度と直線的な関係があるので

$J = \alpha C + B$ で表わすことが出来る。Bは各寒天の常数である。αは直線の勾配であり，三種寒天の性質によって異なる値を示す。図の各直線よりこのαを求めると，

オゴノリ寒天は960，伊谷寒天は680，テングサ寒天は540（南鮮）～510（日本）であった。同一濃度ではオゴノリ寒天が最もゼリー強度高く，イタニ寒天，テングサ寒天の順になっている。谷井[5]は寒天ゲルの性状をC_c/C_r* で表わし，この値は製造工程中の抽出，漂白及びその他の条件によって異なると報告している。勿論本研究に使用した試料もこれ等の条件に影響されると思われるが，この結果から見て同種**テングサ**を原料とした南鮮製及び日本製の寒天ゲルのαは略々近い値を示した。このことは原藻はその種類によりそれぞ

---

* C_c……寒天ゲルの剛性係数より求めた濃度.
C_r……寒天ゲルの破断点における荷重量より求めた濃度.
C_c/C_r…寒天が弾力質か，硬度質かを判定する値で大きいものは弾力性があり，小さいものは脆い感じがする.

れ本質的な成分を有し，製品の性質もそれによって異なる．それ故αの値はむしろ原藻の種類に大きく左右されるのではないかと考えられた。

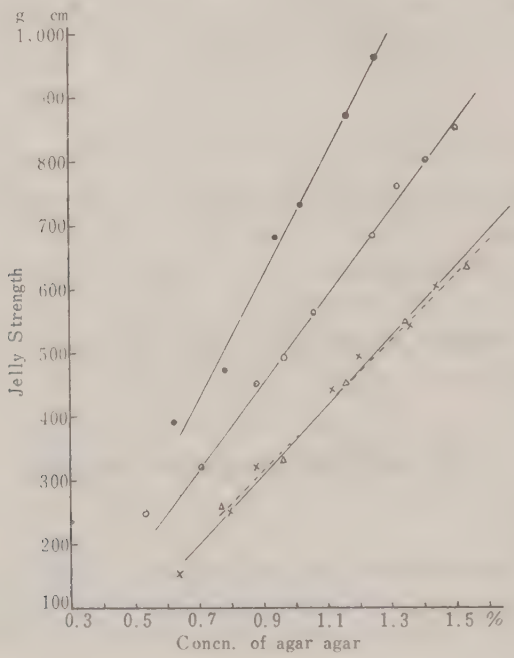


Fig. 1. The dependence of jelly strength on concentration for three different agars.
Discs—Ogonori agar prepared from alkali treated *Gracilaria verrucosa*. Open circles—Itani agar from *Ahnfeltia plicata*. Crosses—Tengusa agar from *Gelidium amansii* (Korea). Triangles—Tengusa agar from *Gelidium amansii* (Japan).

Ⅲ　寒天の凝固能力

オゴノリ，伊谷及びテングサ寒天について種々濃度の寒天ゾル 10*ml* を試験管に注入し，柳川[6]の方法によりゲル化を示す最小濃度を測定した。

その結果は第1表に示すようである。

Table 1. Available concentration to coagulate.

Ogonori agar	Itani agar	Tengusa agar
0.32 %	0.26 %	0.35%

一般に天然寒天の凝固能力は平均0.45%である[7]．二種の工業寒天はこれよりも低い値を示している。これは工業寒天が天然に比して良好な純度を有していることに起因する。また伊谷寒天は他の寒天に比して非常にゲル化力の強いことを示した。

Ⅳ　寒天ゲルの離漿水について

ゲルの離漿について古くGRAHAMが一般にゲルがその容積を変化せずに水を失って収縮する作用であると唱し，BONNELL (1932) は硅酸ゲルにおいては濃度によって離漿に最小値があると述べている。 またLIEPATOFF (1928) はゼラチンゲルではこの最小値がなく，濃度が希薄になると離漿水量は増加し，しかも離漿液中のゼラチンの濃度は変らないと述べている。寒天ゲルの離漿については谷井の報告がある[8]。

著者等は前記三種寒天ゲルの濃度，離漿水量及びゼリー強度との関係を吟味した。

1)　離漿水量測定方法及び離漿速度

ゲルの離漿速度は温度，電解質の有無等で異なって来る。そこでゲルの保持温度を 30°Cにし，離漿平衡に達する時間を求めた。

離漿水量測定の方法は谷井の方法を用い，予め赤外線照射により殺菌処理した多数の試験管（内径30*mm*，長さ200*mm*）を用意しその寒天の1.17%濃度のゾルを50°Cで50 *mm* づつ注入し第2図のように傾斜させて固定し，水冷（20～23°C）により60分でゲル化させた。

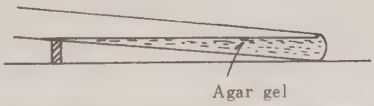


Fig. 2. Diagrammatic sketch showing the gelation in measurement of syneresis water.
An angle of inclination of test tube, ca. 7°.

管内に凝縮した水滴は殺菌した脱脂綿で拭い取り，ゴム栓で密封して 30° Cの恒温器内に垂直に保持した。一定時間毎に3本づつ開栓しゲルより離漿した液を予め秤量した脱脂綿で充分吸い取りその重量差より平均離漿水量を算出した。

第3図に経過時間によるゲルの離漿水量の変化を示した。

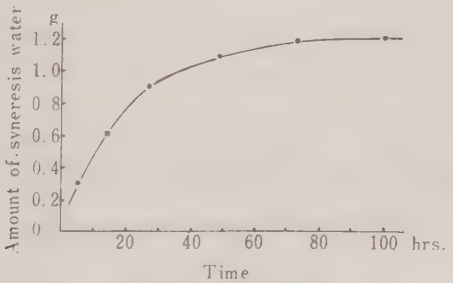


Fig. 3. The change of amount of synerized water from Ogonori agar gel(1.17%)with time at 30°C.

30°Cでは約72時間で離漿平衡に達することがわかった。そこで著者等は平衡を完全にする目的で144時間を採用した。

なお第3図の離漿曲線から30°Cにおける離漿速度定数 Ks を求めることが出来る。

即ち　$K_s = \frac{2,303}{t} \log \frac{a_\infty}{a_\infty - a}$ の式が当てはまると考えた。

a_∞…平衡に達した時の離漿水量（*g*）

a … t 時間における離漿水量（g）

そこで log（$a_\infty - a$）と t との関係を示すと第4図のように直線となるのでこの式が当てはまることがわかった。

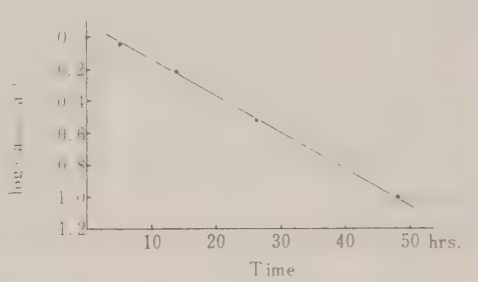


Fig. 4. The relation between the log $(a_\infty - a)$and syneresis time at 30°C. a_∞, Amount of synerized water in equilibrium. a, Amount of synerized water on t hrs. Value of syneresis velocity constant (K_S) obtained from the equation of $K_S = \frac{2.303}{t} \log \frac{a_\infty}{a_\infty - a}$ is 0.053.

この式からK_Sを算出すると0.053の値を得た。

2）　結果及び考察

a）寒天濃度と離漿水量との関係

3種寒天の各濃度における ゲルの離漿水量の変化を示すと第5図のようである。離漿水量は濃度に著しく

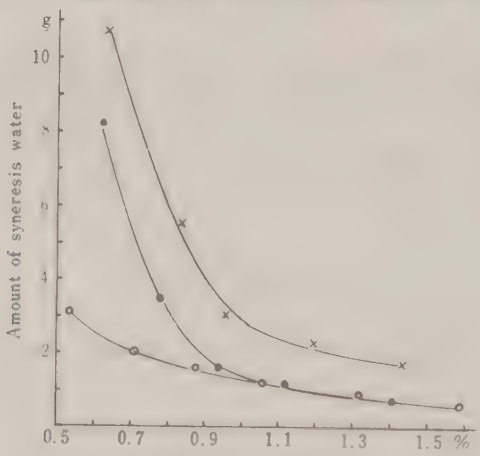


Fig. 5. The change of the amount of synerized water on the concentration for three different agars.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

なるに従って増加する。特に濃度が1.1%位までは比較的緩慢な増加を示すが1.0%以下になると急激に増加している。オゴノリ及びテングサ寒天では特にこの傾向が著しい。しかし伊谷寒天では1.0%以下になっても増加の傾向はあるが前二者に比較して著しく小さい。

b）ゼリー強度と離漿水量との関係

3種寒天のゼリー強度と離漿量との関係を示すと第6図のようである。一般にゼリー強度を低下させると離

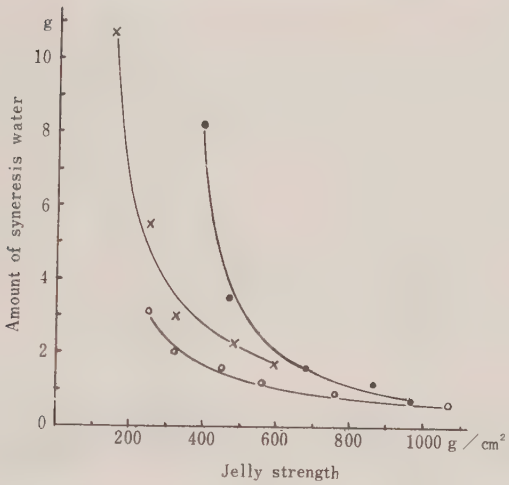


Fig. 6. The dependence of the amount of synerized water on jelly strength for three different agar gels.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

漿水量は増加して来る。ゼリー強度700 g/cm²以上では離漿水量も少なく寒天の種類による差異は余りない。しかしオゴリリ寒天はゼリー強度が500g /cm²以下，テングサ寒天では300 g/cm²以下になると離漿水量の増加が著しい，伊谷寒天では300 g/cm²以下になっても急激な増加は示さなかった。

これ等の結果から考えてアルカリ処理したオゴノリ寒天は一般に700 g/cm²以上のゼリー強度を有している。実際に製菓原料としてはこのような高い強度は必要としないので希釈して強度を400 g/cm²位にして使用する場合が多い。それ故製品から多量の離漿水が出て品質低下を来たすのである。一方伊谷寒天の場合はゼリー強度を400 g/cm²位に低下させてもゲルからの離漿水量は極めて僅かである。このことから伊谷寒天がこれ等の原料に特に要望されていたものと考える。

オゴノリ寒天のように強度或は濃度を低下させるとゲルより多量の離漿水を出す寒天を使用する場合には伊谷寒天やテングサ寒天或は天然寒天等と混合すれば或る程度の離漿水の分離を防止するに役立つものと考える。

c）離漿曲線の実験式による考察

第5及び第6図の濃度及びゼリー強度に関する離漿曲線を次の実験式に当てはめて図示すると第7図及び第8図のようになる。

$$S = \frac{a}{C^n} \quad 及び \quad S = \frac{b}{J^n}$$

S：離漿水量，C：寒天濃度，J：ゼリー強度，a，b：寒天固有の常数。

即ち log S と log C 及び log S と log J とは直線的な関係になる。これ等の図の直線の勾配からnを求めると第2表のようである。

寒天ゲルの離漿水量は寒天の濃度或はゼリー強度のn乗に反比例する。nの平均値は伊谷寒天では1.25，テングサ寒天では1.85，オゴノリ寒天では2.65であった。

谷井[8]は同一寒天ゲルの濃度をかえた時の離漿水量は近似的に濃度の2乗に反比例すると報告している。著者等は特に寒天の種類によってnの値に多少差異のあることを見出したのである。

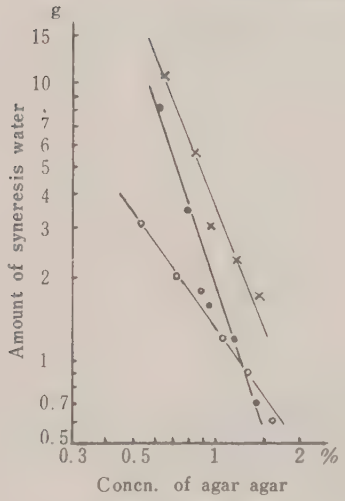


Fig. 7. The relation between the logarithms of the amount of syneresis water and the concentration of agar gel.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

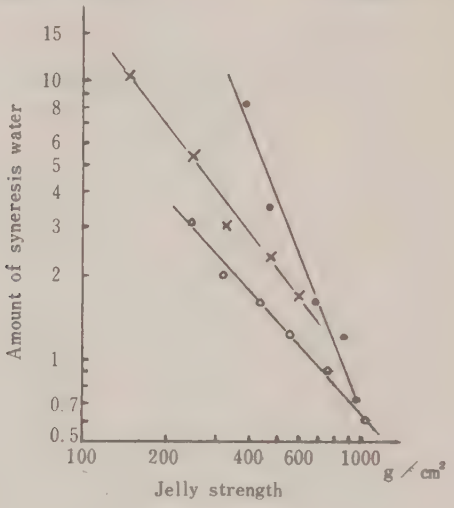


Fig. 8. The relation between the logarithms of the amount of syneresis water and jelly strength of agar gel.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

Table 2. The values of n calculated from the inclination of straight lines on the Fig 7 and 8.

Species of agar	Value of n	
	on the Fig. 7	on the Fig. 8
Itani agar	1.4	1.1
Tengusa agar	2.4	1.3
Ogonori agar	2.9	2.4

V　寒天ゲルの融点及びゾルの凝固点について

1）　融点測定法

一定濃度に調整した寒天ゾルを4本の試験管（外径12 *mm*，内径10 *mm*，長さ120 *mm*）に5 *mℓ* ずつ注入し，紙栓をして一夜放置してゲル化させた。このようにした試験管4本を保持枠に倒立して水を満した2 *ℓ* のビーカーに入れ，第9図に示す加熱条件に従うようにスライダックを調節しつつ電熱により徐々に加熱した。

融点近くなると寒天ゲルが透明になり加熱水と見分け難いので反対側に光源を置き屈折率の差異で判別し，寒天ゲルが完全に落下したときの温度を平均して融点とした。

2）　凝固点測定法

一定濃度に調節した寒天ゾルを5本の試験管（内径15 *mm*，長さ120 *mm*）に10 *mℓ* ずつ注入し室温（20°C）で放置し試験管を時々傾け，液面が流動しなくなったときの温度を平均して凝固点とした。

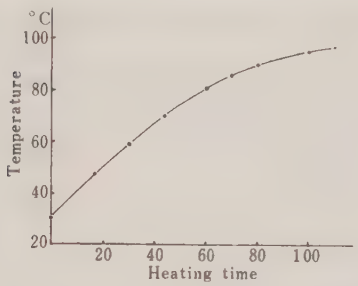


Fig. 9. The change in the temperature with heating time. (min.)

3) 結果及び考察

a) 濃度とゲルの融点及びゾルの凝固点との関係

寒天濃度によるゲルの融点及びゾルの凝固点の変化を示すと第10図のようである。

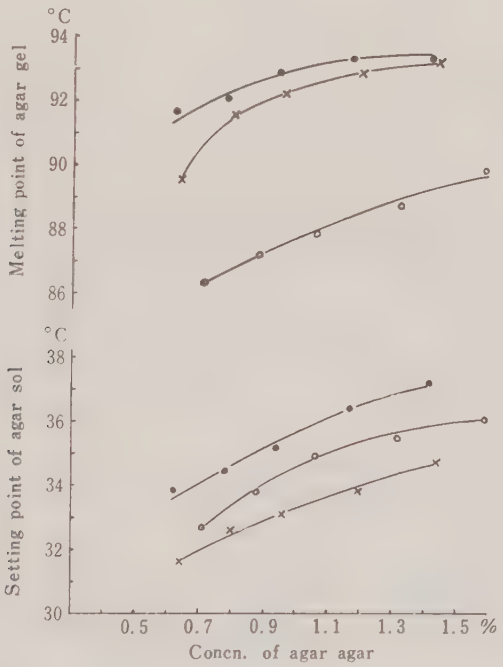


Fig. 10. The dependence of the melting point of gel and the setting point of sol on the concentration for three different agars.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

一般に濃度の増加に従ってゲルの融点及びゾルの凝固点とも上昇の傾向を示していり。オゴノリ寒天及びテングサ寒天では濃度が1%以上になると融点に余り差異が見られなかった。同一濃度では伊谷寒天は他の二者に比較して融点が著しく低かった。三種寒天ゾルの凝固点上昇の傾向は各々平行している。同一濃度ではオゴノリ，伊谷，テングサ寒天の順に低くなっていた。

b) ゼリー強度とゲルの融点及びゾルの凝固点との関係

三種寒天ゼリー強度とゲルの融点及びゾルの凝固点との関係を示すと第11図のようである。

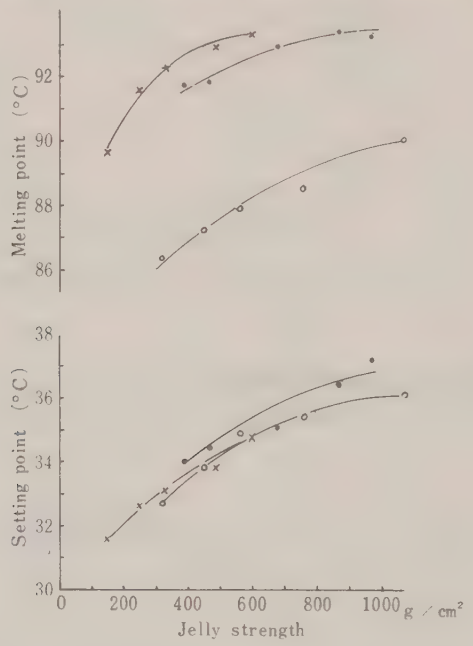


Fig. 11. The dependence of the melting point of gel and the setting point of sol on the strength for three different agars.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

ゼリー強度が高くなるに従ってゲルの融点及びゾルの凝固点も上昇の傾向を示している。テングサ寒天ではゼリー強度が 500 g/cm² 以上，オゴノリ寒天では 700 g/cm² 以上になると融点の差異は余りないようである。伊谷寒天の融点は他の二者に比較して低い。ゲルの凝固点は三種寒天とも余り差異はなかった。

c）　考　　察

同一濃度におけるゲルの融点とゾルの凝固点の差の平均値は，オゴノリ寒天では 57.2°C，テングサ寒天では 58.7°C，伊谷寒天では 53.4°C で伊谷寒天が最も小さい値を示した。またゲルの融点は伊谷寒天のみ他の二者に比して著しく低かった。

この二つの点で伊谷寒天が他の二者と著しく異っていること，また寒天が *Xerogel*（乾膠体）であるという点から考え合わせると，伊谷寒天はオゴノリ寒天やテングサ寒天よりも低い温度の水に溶ける，換言すれば同温の水では伊谷寒天が他の二者よりも早く溶ける，即ち溶解性が良いということを裏書している。

Ⅵ　寒天の濃度によるゾルの粘度について

寒天ゾルの粘度については多数の報告がある[9) 10) 11)]。谷井[8)]はゲルの性状が判っている寒天についてゾルの粘度を測定している。著者等も種類を異にする寒天についてゾルの粘度を測定し若干の知見を得た。

1）　粘 度 測 定 法

前述の三種寒天を 0.06～0.2% の濃度範囲に調整して寒天ゾルとし，50°C で 10 *ml* 採取し OSTWALD 粘度計により 40°C の恒温水槽内で粘度を測定した。同時にピクノメーターによりゾルの密度も測定した。

2）　結 果 及 び 考 察

a) 寒天濃度と相対粘度

相対粘度（η_{rel}）は次の式によって算出した。

$$\frac{d_2 t_2}{d_1 t_1} = \eta_{rel}$$

d_1及びd_2は蒸留水及び寒天ゾルの密度，t_1及びt_2は40°Cにおける蒸留水の秒数（23.8秒）及び寒天ゾルの秒数

オゴノリ，伊谷及びテングサ寒天の濃度による粘度曲線は第12図に示すようである。

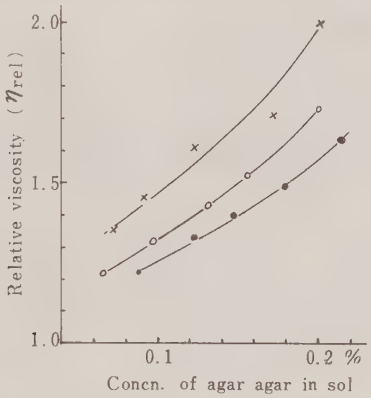


Fig. 12. The dependence of the relative viscosity (η_{rel}) of agar sol on its concentraion.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

濃度の増加に従って相対粘度も増加したが，テングサ寒天は他の二者に比較して稍々急激な増加を示した。

これらの粘度曲線を ARRHENIUS の式 $\log \eta_{rel} = K \cdot C$ に当てはめて $\log \eta_{rel}$ とCの関係を第13図に示すとそれぞれ直線になった。即ち寒天のような親水性コロイドでも 0.06 ～ 0.2 % の希薄濃度範囲では ARRHENIUS の式がよく当てはまることがわかった。

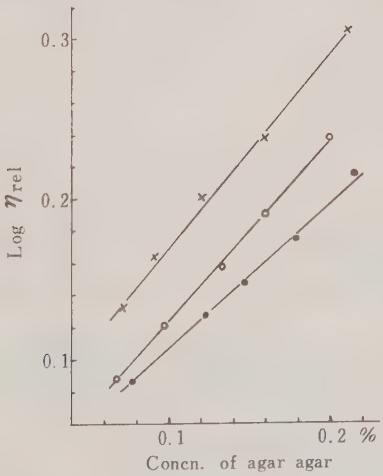


Fig. 13. The relation between the logarithm of relative viscosity and the concentration of agar.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

第12図の各直線の勾配からKの値を計算すると，オゴノリ寒天は0.90，伊谷寒天は1.12，テングサ寒天は

1.22となった。この値から濃度による粘度の変化はテングサ寒天が最も大きく，伊谷寒天，オゴノリ寒天の順になっている。

粘度とゼリー強度の結果から，オゴノリ寒天は強度は高いが粘度に乏しい。即ち弾力性に乏しい寒天である。またテングサ寒天は強度は低いが弾力性に富む寒天である。伊谷寒天は丁度この中間にあり，強度も弾力性もある寒天といい得る。

b）　寒天濃度と還元粘度との関係

還元粘度は次の通りである。

$\eta_{rel} - 1 = \eta_{SP}$ 比粘度　（Specific viscosity）

η_{SP}/C ＝還元粘度　（Reduced viscosity）

親水性コロイドの粘度特性を表わすのに還元粘度と濃度（C）との関係が屢々用いられている。第14図に三種寒天の還元粘度曲線を示した。

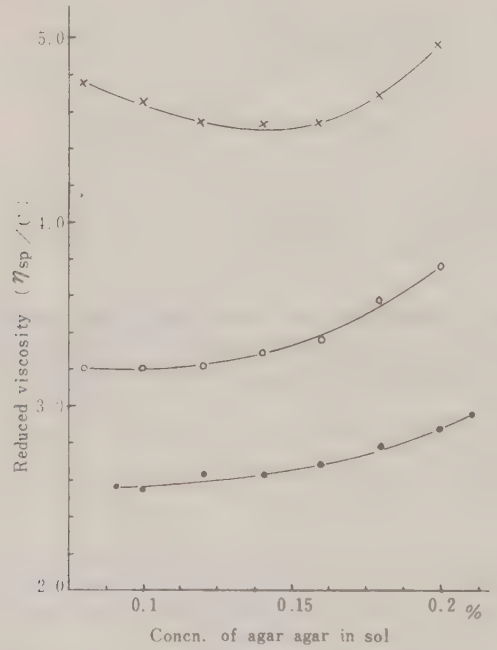


Fig. 14. The dependence of the reduced viscosity of agar sol on its concentration.
Discs—Ogonori agar. Open circles—Itani agar. Crosses—Tengusa agar.

テングサ寒天の場合 η_{SP}/C が0.14～0.15%の濃度において最小値を示した。このことはKRUYT[10]が寒天ゾル，高橋[12]がアルギン酸ソーダー水溶液の粘度について測定した結果と同じ傾向を与え親水性コロイドの特性を示した。

しかし，オゴノリ寒天及び伊谷寒天はこの濃度範囲では極小値を示さなかった。なお高橋はアルギン酸ソーダに少量の電解質として塩類を添加すると極小値が認められないと報告している。また坂本も寒天について同様な報告をしている。[11] オゴノリ寒天及び伊谷寒天の還元粘度曲線がテングサ寒天の場合と異なるのはオゴノリ寒天は**オゴノリ**の苛性アルカリ処理が行われており，また伊谷寒天は原藻から苛性アルカリによって抽出されたものである。この苛性アルカリがこれ等の寒天に何らか影響を及ぼしているのではないかと推察された。

Ⅶ 要　　約

1）既に報告した**イタニグサ**より伊谷寒天の新製造法によって工業的に製造された粉末伊谷寒天が従来提唱されていた特性を持っているか否かについて究明し，同時にオゴノリ及びテングサ工業寒天の性質とも比較検討した。

2）0.5～2％の範囲において寒天濃度とゼリー強度（日寒水式）とは直線的な関係がある。（$J=\alpha C+B$）各直線の勾配から計算したαの値はオゴノリ寒天960，伊谷寒天680，テングサ寒天510～540であり，オゴノリ寒天が濃度による強度の増加が最も大で伊谷寒天，テングサ寒天の順になっている。

3）一般に天然寒天の凝固能力約0.45％に比してこれ等の工業寒天は各れも低い値（0.26～0.35％）を示し良好であった。特に伊谷寒天はオゴノリ寒天及びテングサ寒天に比して凝固能力が強いことを示した。

4）a）寒天濃度が希薄になるに従ってゲルの離漿水量は増加する。寒天濃度が1％以下になるとオゴノリ及びテングサ寒天では特に著しく増加する。伊谷寒天は他の二者に比較して著しい増加は示さなかった。

b）一般にゼリー強度を低下さすとゲルの離漿水量は増加する。ゼリー強度700g/cm²以上では離漿水量も少く寒天の種類による差異はない。オゴノリ寒天は500g/cm²以下，テングサ寒天は300g/cm²以下になると離漿水量は急激に増加して来る。しかし伊谷寒天は300g/cm²以下になっても急激な増加を示さなく伊谷寒天の特性をよく表わしていた。

c）寒天ゲルの離漿水量は濃度或はゼリー強度のn乗に反比例する。nの値は伊谷寒天1.25テングサ寒天1.85，オゴノリ寒天2.65であった。

5）a）一般に寒天濃度の増加に従ってゲルの融点及びゾルの凝固点は上昇する。オゴノリ寒天及びテングサ寒天では濃度が1％以上になると融点の差異が余り認められない。同一寒天濃度では伊谷寒天ゲルの融点は他の二者に比較して著しく低かった。三種寒天ゲルの濃度による凝固点上昇の傾向は各々平行である。同一濃度ではオゴノリ，伊谷，テングサ寒天の順に低くなっていた。

b）ゼリー強度が高くなるに従ってゲルの融点及びゾルの凝固点が上昇する。テングサ寒天ではゼリー強度500g/cm²以上，オゴノリ寒天では700g/cm²以上になると融点の差は余りない。同一ゼリー強度では伊谷寒天が最も融点が低く，ゾルの凝固点は三種寒天の差は余りなかった。

c）同一濃度におけるゲルの融点とゾルの凝固点の差の平均値はオゴノリ寒天57.2°C，テングサ寒天58.7°C，伊谷寒天53.4°Cで伊谷寒天が最も小さかった。また伊谷寒天のゲルの融点が低いことから伊谷寒天は他の二者より最も溶解性が良いという特性を示した。

6）0.06～0.2％寒天濃度のゾルの粘度を40°Cで測定し，相対粘度（η_{rel}）と還元粘度（η_{sp}/C）を算出した。相対粘度曲線は*Arrhenius*の式$\log\eta_{rel}=K\cdot C$に良く当てはまることを見出しKの値がオゴノリ寒天0.9，伊谷寒天1.12，テングサ寒天1.22であった。テングサ寒天が濃度による粘度の増加が最も大であった。

還元粘度と寒天濃度との関係図からテングサ寒天は0.14～0.15％の濃度においてη_{sp}/Cの極小値を示し，親水性コロイドの特性を示した。オゴノリ寒天及び伊谷寒天ではη_{sp}/Cの極小値が見られなかった。これは両者とも製造過程に苛性アルカリ処理をなすことに起因しているものと推察した。

終りに臨み本研究の遂行に当り御助言を賜わった東北海区水産研究所の谷井潔博士に深謝し，併せて試料を供与された東海化成株式会社，化研工業株式会社，日本海藻工業株式会社，並に株式会社三養社に謝意を表する次第です。

文　　献

1）小島良夫・舟木好右衛門，1951：日本水産学会誌．**16**（9）

2) 小島良夫・田川昭治・福島保明・香野実, 1960：本報告, **9** (1, 3).
3) 小島良夫・田川昭治・香野　実, 1960：本報告, **9** (3).
4) 谷井　潔, 1959：東北海区水産研究所報告, **15**.
5) 谷井　潔, 1957：東北海区水産研究所報告, **9**.
6) 柳川鉄之助, 1932：大工試, **12** (16).
7) 柳川鉄之助, 1932：大工試, **12** (16).
8) 谷井　潔, 1959：東北海区水産研究所報告, **15**.
9) 柳川鉄之助・西田義郎, 1930：大工試, **11** (14).
10) KRUYT. H. R. and H. G. BUNGENBEG DE JONG, 1928：*Kolloid-Beih.*, **37**.
11) 坂本道太郎・岸本　昭, 1959：寒天希薄水溶液の粘度, 日本水産学会秋季大会講演.
12) TAKAHASHI. T. and K. KIMOTO, 1955：*Bull. Chem. Soc. J.*, **28** (7).

海洋性硫酸塩還元細菌と培地の酸化還元電位との関係※

畑　　幸　彦

Relation Between the Activity of Marine Sulfate-Reducing Bacteria and the Oxidation-Reduction Potential of the Culture Media (2)※

By

Yoshihiko HATA

In the previous paper, it has been shown that marine sulfate-reducing bacteria required a redox potential of lower than Eh +0.20 volt for the initiation of growth, and that the lower the initial redox potential of the media, the greater was the rate of growth.

The present paper embodies the more detailed data on the redox potential for the initiation of growth of these organisms, the changes in redox potential during the growth cycle in the pure culture as well as in the mixed culture, and the influence of aeration on the redox potential and the population in the culture.

Marine sulfate-reducing bacteria strain SM1 and marine aerobic bacteria strains A1 and A5 which were isolated from the marine sediments were used as test organisms. For the inoculation the cell suspensions of these bacteria were employed after having been washed twice with sea water.

The results obtained are given in Tables 1–3 and Figs. 1–20, and may be summarized as follows:

1) The upper limit of Eh required for the initiation of growth of sulfate-reducing bacteria was ca. +0.20 volt in liquid medium as well as in semisolid medium. This upper limit somewhat raised when heavy inoculum was employed. In the latter case the lag period in the growth was shortened to some extent. These

※ 水産講習所研究業績　第311号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 311.
Received June 23, 1960.

※ 海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用と，培地の酸化還元電位との関係について（その2）

facts may be explained by the introduction of the reducing activities accompanied with the active cells of the organisms in the inoculum.

2) When aerobic bacteria coexisted, sulfate-reducing bacteria could grow in the media having initial Eh value higher than +0.20 volt. This may be due to the lowering of Eh accompanied with the growth of aerobes.

3) From the observations on the redox potential in various portions of the culture and the Eh—growth—sulfide relationship during growth, it may be suggested that the development of reducing conditions in the active culture of sulfate reducers is primarily attributable to the reducing activities of cells, and that sulfides formed and Fe^{++} contained play an important role in the production and the maintenance of reducing conditions.

4) In the culture of aerobic bacteria (strains A1 and A5) the intense growth and the rapid fall in redox potential were observed when vigorously aerated.

5) When the culture of sulfate-reducing bacteria, in either logarithmic growth phase or accelerating death phase, was aerated Eh of the culture raised rapidly and sulfides in the media disappeared promptly but the viability of the cells were not so rapidly disappeared. Especially in the case of mixed culture with aerobes, the aeration hardly influenced the viability of sulfate-reducing bacteria. This may be due to the increase of protective effects accompanied with the vigorous growth of aerobes under the sufficient supply of oxygen by aeration.

既報[1]において，海洋性硫酸塩還元細菌と各種の酸化還元電位 Eh 約 −0.20 volt 以下であれば発育を開始し，その速度は一般に Eh が低いほど大きいことを明らかにしたが，本報ではさらに，この細菌の発育開始に必要な Eh レベルをくわしく追究，純粋培養または好気性細菌との混合培養における Eh の変動，あるいはこれらの培養に対する通気の影響などについて種々の点から検討した結果を述べる。

実 験 方 法

1. 供試細菌：硫酸塩還元細菌と混合培養の実験における母株には，代表的海洋性種 SM1 株を用いた。また混合培養には，海底泥土から硫酸塩還元細菌の純粋分離に際してこれと共存して分離してはなはだ困難であった好気性細菌 A1 株，および海底還元泥土から直接分離された好気性細菌 A5 株を，それぞれ SM1 と混合接種した。

2. 接種ならびに培養：接種にあたっては通気による微量の酸素性物質の導入されるのを避けるため，第1表の培地に 30°C 24 時間培養した菌体を 2,500 r.p.m. 10 分で遠心集菌，滅菌海水で 2 回洗浄再懸濁し，この懸濁液 10 ml を 300 ml の培地に接種した。ただし実験 (1) においては，いろいろの程度に稀釈した菌体懸濁液を接種した。嫌気培養には，細菌・培地式嫌気培養器を用いた。また培養温度はすべて 30°C であった。

3. 発育および硫化物の測定：硫酸塩還元細菌の発育は，第1表の組成に寒天 3.0 g/L を加えた semisolid 海水培地で dilution count し，その値から M.P.N. を求めて表した。好気性細菌は，ZoBELL の培地[2]*

*Peptone 5 g, Beef extract 2 g, KNO_3 0.5 g, Agar 15 g, Filtered sea water 1,000 ml, pH 7.2.

Table 1. Composition of the medium employed.

Ca-lactate	3.5 g
Beef extract	1.0
Peptone	2.0
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2
K_2HPO_4	0.2
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	0.5
L-Ascorbic acid	0.1
Filtered sea water	1,000 ml
pH	7.5

を用いて plate counts した。また硫化物は，富山・神崎の方法[4]で水蒸気蒸溜し，ST. LORANT 法[5]によってメチレンブルーにかえ 610 mμ で光電比色定量した。

4. Eh および pH の測定：Eh は白金電極および飽和甘汞電極を用いて電位差計で測定した。pH の測定はガラス電極 pH メーターによった。

実 験 結 果

(1) 発育開始に必要な Eh のレベルと接種量との関係

既報[1]において，この細菌は還元性物質として L-ascorbic acid または Na_2S を含む培地では Eh が約 +0.20 volt 以下であれば発育を開始することをみたが，この発育開始に必要な Eh のレベルをさらにくわしく調べるため，つぎの実験をおこなった。

第1表の組成から L-ascorbic acid を除いた液体培地，またはこれに寒天 3.0 g/L を加えた semisolid 培地をそれぞれ基礎培地とし，L-ascorbic acid をいろいろの濃度に加えて 9 ml ずつ試験管に分注し，これらにあらかじめ滅菌海水で 10 倍ごとの各種段階に稀釈された洗滌菌体懸濁液 1 ml を接種し，これを空気を入れないように静かに振盪してできるだけ均一に分散させ，滅菌流動パラフィンを重層して 30°C に保ち，発育がはじまるかどうかをみた。この場合，同様に保温された無接種の対照の Eh を実験のはじめと途中（2週間後）およびおわり（5週間後）に測定した。

その結果は第2表に示すとおり，液体培地については初期 Eh +0.188 volt (L-ascorbic acid 0.1 g/L) では菌体接種量 2.2×10〜2.2×10^8 cells/10 ml にわたって発育がみられ，また初期 Eh +0.208 volt (L-ascorbic acid 0.05 g/L) では接種量 2.2×10^3〜2.2×10^8 cells/10 ml において発育がはじまったが，初期 Eh が +0.231 volt 以上 (L-ascorbic acid 0.02 g/L 以下) のときはどの接種量でも5週間後においても全く発育できなかった。一方 semisolid 培地では，初期 Eh が +0.180 および +0.195 volt (L-ascorbic acid 0.1 および 0.05 g/L) のときは接種量 2.2〜2.2×10^8 cells/10 ml にわたって発育がはじまったが，+0.221 volt (L-ascorbic acid 0.02 g/L) においては接種量 2.2×10^8 cells/10 ml の場合を除いては発育がみられず，またそれ以上の高い Eh ではどの接種量においても全く発育がおこらなかった。発育がはじまったものについてみると，一般に Eh が低いほど，また接種量が多いものほど発育の開始が早かった。

以上の結果から，この細菌の発育開始に必要な Eh のレベルは +0.20 volt 附近以下であって，Eh +0.22 volt 附近以上では発育は開始されないものと思われる。そして発育可能な Eh の上限は接種量と密接な関係があり，接種量が多いものほど一般にこの上限が低くかつ発育開始が早くなるものと考えられる。接種量が多ければ Eh が比較的高くても発育が得られたのは，菌体に附随して導入された還元性物質によって，ある

Table 2. Relation between the redox potential of the medium and the growth of sulfate-reducing bacteria (SM1) under various conditions. (Composition of the basal medium was similar to that shown in Table 1 but L-ascorbic acid was omitted.)

Basal medium	Concentration of L-ascorbic acid added (g/L)	Eh in uninoculated medium (volts) Storage time (days) 0	14	35	Eh in medium immediately after inoculation (volts)	Growth of sulfate-reducing bacteria Inoculum size (×2.2 cells/10 ml of medium) 10^8	10^7	10^6	10^5	10^4	10^3	10^2	10	1
Liquid	0	+0.293	+0.302	+0.306	+0.289 (10^8 cells/ml)	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.001	+0.287	+0.290	+0.286	+0.286 (10^7 〃)	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.005	+0.275	+0.279	+0.287	+0.297 (10^6 〃)	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.01	+0.253	+0.272	+0.292	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.02	+0.231	+0.236	+0.270	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.05	+0.208	+0.215	+0.244	——	+	+	+	+′	+′	+‴	−	−	−
	0.1	+0.188	+0.185	+0.210	——	+	+	+	+	+	+	+	+″	−
Semi-solid	0	+0.291	+0.310	+0.322	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.001	+0.288	+0.300	+0.295	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.005	+0.271	+0.284	+0.288	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.01	+0.254	+0.263	+0.284	——	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.02	+0.221	+0.231	+0.277	——	+″	−	−	−	−	−	−	−	−
	0.05	+0.195	+0.201	+0.226	——	+	+	+	+	+	+	+	+	+′
	0.1	+0.180	+0.197	+0.206	——	+	+	+	+	+	+	+	+	+

N. B. −:Growth did not occur after 35 days; +:Growth occurred after 1 day; +′:Growth occurred after 2 days; +″:Growth occurred after 3 days; +‴:Growth occurred after 4 days.

いは生菌自体のもつ還元作用によって、菌体周辺の極く小部分に必要な低電位が形成されたためではなかろうか（表に示すように大量接種のときにも，全体としての Eh には接種自体による変化はほとんどみられなかった)。そして一旦発育がはじまれば，それにともなう還元作用と硫化物生成によって全体としての電位も降下し，一層この細菌の発育が促がされるものと思われる。また液体培地と semisolid 培地とでは，同一量の L-ascorbic acid を加えた場合にも後者における方が前者におけるよりも比較的少量の接種にて発育がおこったが，これは表に示すように後者の方が空気の接触・侵入が少ないためいく分低い Eh が得られたことと共に、後者では接種後の菌体の分裂が比較的困難なため局部的低電位が形成されやすかったことによるのかも知れない。

(2) 培養における酸化還元電位の分布

既報[1]において明らかにしたように、この細菌の発育にともない硫化物生成作用にともなって培地の酸化還元電位はいちじるしく降下するが、この電位の降下は(少なくとも培養初期においては)硫化物生成にともなうよりも，むしろこれに先行する菌体の増殖に，より密接に附随しておこるようにみえる。すなわち，培養における低電位の形成には硫化物をはじめとする還元性物質の蓄積とともに、菌体自身のもつ還元作用力も大きな役割を果しているのではないかと思われる。この点を明らかにするため 1 L 容三角フラスコに第 1 表の組成および量にしたがい $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ を除いた培地で 30°C 48 時間培養した後，第 3 表に示すごとくの処理をして Eh を測定し，培養における電位の分布状態をしらべた。この場合，Fe^{++} を含まぬ培養基は滅菌前に一旦 10 ポンド 10 分間オートクレーブして後，沈澱を濾別して透明な培地とした。

その結果は第 3 表に明らかなごとく、培養をそのまま静置して測定したときの電位の垂直的分布は，底部でいく分低くなる傾向がみられたが概して上下での大差はなかった (A)。Fe^{++} を加えたものの方が，これ

Table 3. Redox potential in different portions of the culture of sulfate-reducing bacteria (SM1) incubated at 30°C for 48 hours.

Portion of the culture employed and the treatment of culture prior to the measurement		Eh (volts) Culture medium: Omitted $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	Eh (volts) Culture medium: Contained $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0.5 g/L
(A) No treatment	Upper layer	−0.123	−0.180
	Middle layer	−0.111	−0.175
	Bottom layer	−0.135	−0.185
(B) Shaked slowly		−0.121	−0.187
(C) Centrifuged at 0—500 r.p.m. for 3 minutes	Supernatant I	—	−0.168
	Precipitate I (FeS)	—	−0.172
(D) Centrifuged at 4,000 r.p.m. for 20 minutes	Supernatant II	−0.113	—
	Precipitate II (bacterial mass)	−0.156	—
(E) The above precipitate II was washed twice with sea water		+0.124	—
(F) The above washed precipitate was heated at 90°C for 10 minutes		+0.168	—
(G) The above shaken sample was heated at 90°C for 20 minutes under the layer of liquid paraffin		−0.127	—
(H) The above supernatant II was boiled for 10 minutes		+0.026	—

を加えなかった透明培地でよりもかなり低い Eh が得られたが，これは既報[6]のとおり Fe^{++} によって発育および activity が促進されたためと思われる。Fe^{++} を加えた培養では FeS が多量フラスコ底部に沈澱したが，この附近における特別な低電位の形成はみられず，またこの培養を 0～500 r.p.m. で 5 分間遠心して FeS を分離した場合にも上澄液と沈澱との間には電位に大差がみられなかった（C)。また透明培地での培養を 4,000 r.p.m. で 20 分間遠心した場合は，沈澱（菌体の集塊）は上澄液（菌体をほとんど含まない）にくらべてかなり低電位となった(D)。この沈澱を海水で 2 回洗滌した後の電位はかなり上昇したが，通常の海水にくらべると，なお約 0.2 volt 程度低かった（E)。つぎに，この洗滌菌体集塊を 90°C で 10 分間加熱殺菌した場合，電位はさらに上昇した（F)。また原培養を流動パラフィン重層下で揮発性物質の逸散を防ぎながら 90°C で 20 分間加熱して生菌を死滅させた場合には電位はほとんど変らなかったが（G)，一方生菌を除いた上澄液を 10 分間煮沸して揮発性物質および熱による影響を受けやすい物質を除いた場合には電位はいちじるしく上昇した（H)。

以上の結果を綜合すると，培養における低い電位の形成には還元性物質の生成と生菌自体のもつ還元作用力がともに関与していると考えられるが，概して前者がより支配的であるようにみえる。しかし還元性物質のうち顕著に蓄積された不溶性 FeS は特別な低電位の形成にあずかっているとは考えられず，むしろ溶存するある種の物質が低電位の主たる担い手であるように思われる。そのものの本体は明らかでないが，おそらく H_2S も主要な一部をなすものであろう。

(3) 純粋培養ならびに好気性細菌との混合培養における Eh の変動

上述のように硫酸塩還元細菌の純粋培養は還元性物質を加えて酸化還元電位を低くした培地でなければ発育できないが，若し好気性細菌が共存するときには初発電位が発育に必要なレベルよりも高い場合にも，先ず好気性細菌の発育にともなって電位が降下し必要な低電位が形成された後，硫酸塩還元細菌の発育と活動が開始されるものと予想される。この過程を純粋培養の場合と対比して検討するため，第 1 表の組成の培地に純粋培養を，またこの組成から L-ascorbic acid を除いた培地に好気性細菌との混合培養をそれぞれ接種培養し，Eh および pH の変動，生菌数，硫化物量を経時的に測定した。混合培養に用いた好気性細菌は実験

方法において述べたとおり A1 および A5 の2菌株であって，いずれも genus *Viblio* に属するもののようであった。その結果を第1，2および3図に示す。すなわち 0.1 g/L の L-ascorbic acid を含む培地での純粋培養（第1図）は接種後間もなく対数発育期に入り30時間頃には最高発育期に達した。Eh は発育ときわめて密接に並行して急速に降下し，発育が最高に達すると同時に最低値を示した。硫化物の生成は常に発育より少しずつおくれ，その最高蓄積は発育が最高に達してかなりの時間を経た後にみられた。すなわち Eh の降下は硫化物の生成よりも発育に，より密接に附随するようにみえる。そして一旦下降した Eh は長時間そのまま低い値にとどまり，発育および硫化物生成がおとろえた後も Eh の急激な上昇はみられなかった。

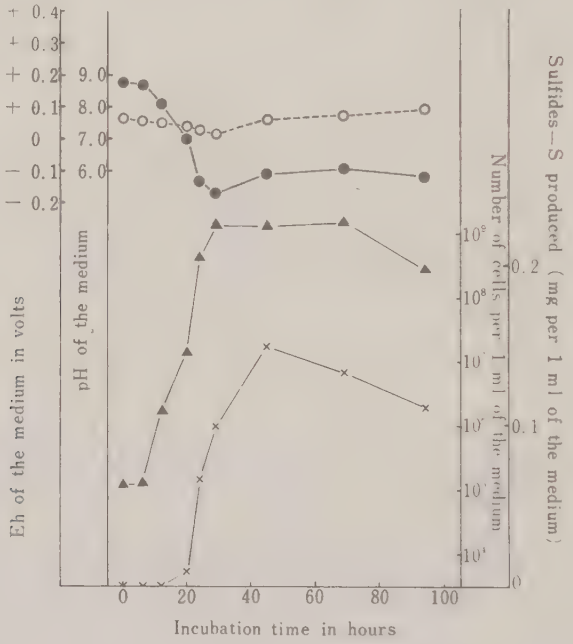


Fig. 1. Relation between the growth of sulfate-reducing bacteria strain SM 1 in pure culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of culture medium. —▲—: number of cells of sulfate reducers ; — × —: sulfides formed; —●—: Eh of medium ; …○…: pH of medium.

好気性細菌との混合培養（第2，3図）では，いずれも共存する好気性細菌が先ず真っ先に発育をはじめ，それにともなって Eh は最初の高い値からきわめて急激に降下した。硫酸塩還元細菌の発育は Eh の降下に続いてはじまり，Eh が最低値に達した頃とほぼ同時に急激な対数発育を示した。また，この発育より少しおくれて硫化物の生成がみられた。そして第2図の場合には，共存する好気性細菌（A1 株）は硫酸塩還元細菌の発育およびそれにともなう硫化物生成が顕著になった後もそのまま発育を続け，最高発育期は硫酸塩還元細菌のそれと並行して継続した。これに対して第3図に示す場合は，共存好気性細菌（A5 株）は Eh の降下および硫酸塩還元細菌の発育がさかんとなるにつれて増殖を停止し，ことに硫化物の顕著な蓄積にともなって急速な死滅を示した。すなわち，前者における共存好気性細菌は低い Eh および高濃度の硫化物によって傷害を受けることなく，硫酸塩還元細菌と全く共存し得る通性的傾向の強い細菌であるのに対して，後者における好気性細菌は低い Eh あるいは高濃度の硫化物によって生育を阻害される偏性的傾向の細菌である

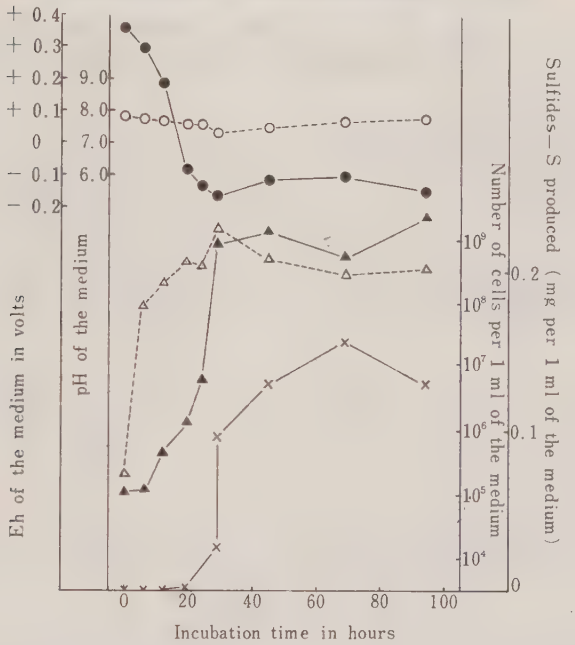


Fig. 2. Relation between the growth of sulfate-reducing bacteria (SM 1) and aerobic bacteria strain A1 in mixed culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of culture medium. The marks were the same as those employed in Fig. 1 with the exception of ···△···: number of cells of aerobes.

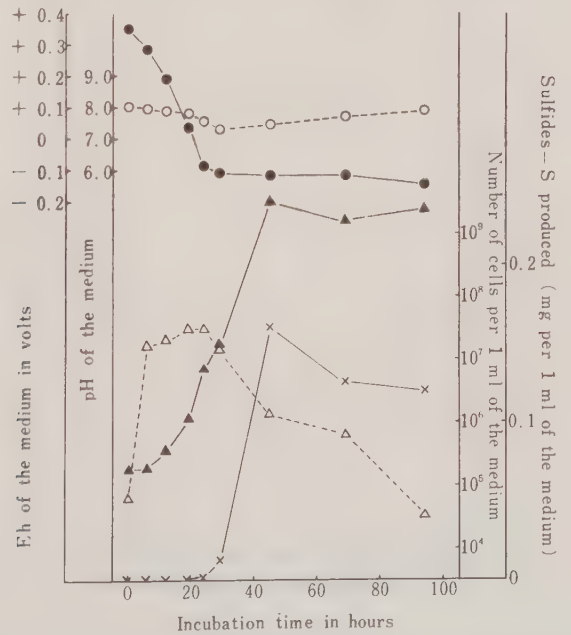


Fig. 3. Relation between the growth of sulfate-reducing bacteria (SM1) and aerobic bacteria strain A5 in mixed culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of culture medium. The marks were the same as those employed in Fig. 1 and 2.

ことを示すものといえよう。以上のことは，これら２種の好気性細菌の分離の際の特徴（実験方法参照）と考えあわせて興味ぶかく，また硫酸塩還元細菌と他の一般細菌との間の共生あるいは拮抗現象と関連する重大な問題であると考えられる。

（４）好気性細菌と培地の酸化還元電位との関係

上の実験で，好気性細菌が硫酸塩還元細菌と共存するとき，この細菌の種類によって酸化還元電位あるいは硫化物に対する態度が異なることが示された。自然環境下では硫酸塩還元細菌と他の一般細菌とは互に密接に影響し合って生活していると思われるので，共存好気性細菌と酸化還元電位との関係を検討することは天然状態における硫酸塩還元細菌の実態を究明するための重要な課題である。そこで以下の実験において，これら共存好気性細菌の発育あるいは生存に対する酸素，還元性物質または培地の酸化還元電位の影響について検討した。

第１表の組成から L-ascorbic acid を除いた培地に，好気性細菌 A1 または A5 の培養を少量接種し，これを最初空気を通気しつつ培養したのち嫌気培養にかえるか，終始好気的に静置培養するか，または最初嫌気培養したのち通気培養にかえるかのいろいろの培養をおこない，細菌数，Eh および pH を経時的に測定した。その結果は第４～９図に示すとおりである。

先ず A1 株を通気培養した場合（第４図），急速な発育にともなって Eh はすみやかに降下し，発育が最高に達したとき Eh もほぼ定常な最低値を示した。これの通気をやめ L-ascorbic acid 0.1 g/L を加えるとともに水素を約 20 分間はげしく通ずると，Eh はきわめて急激に一層降下したが生菌数はほとんど変化せ

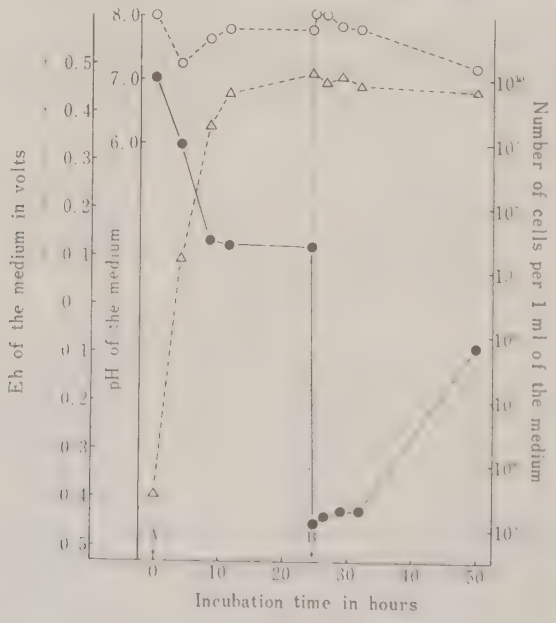


Fig. 4. Relation between the growth of aerobic bacteria (A1), the changes in Eh and pH of culture medium under the change of cultural condition from aerobic to anaerobic. (A): aeration started ; (B) : aeration was stopped, L-ascorbic acid (0.1 g/L) was added, N_2 was bubbled for 20 min., and culture was placed into anaerobic jar. ···△···: number of cells; —●—: Eh of medium ; ···○···: pH of medium.

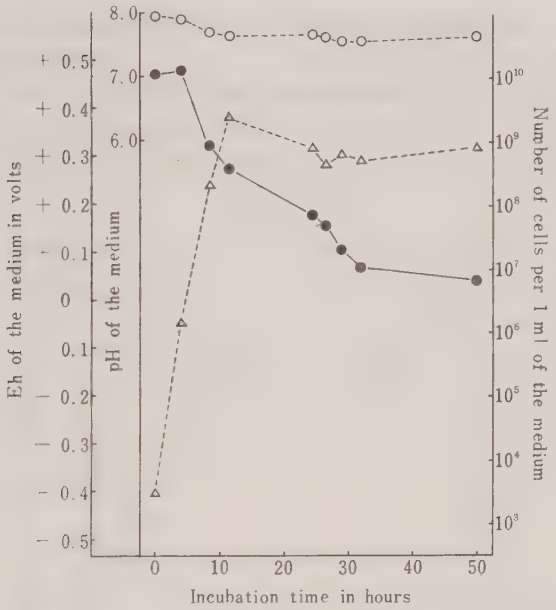


Fig. 5. Relation between the growth of aerobic bacteria (A1), the changes in Eh and pH of the culture medium under aerobic stationary cultivation. The marks were the same as those employed in Fig. 4.

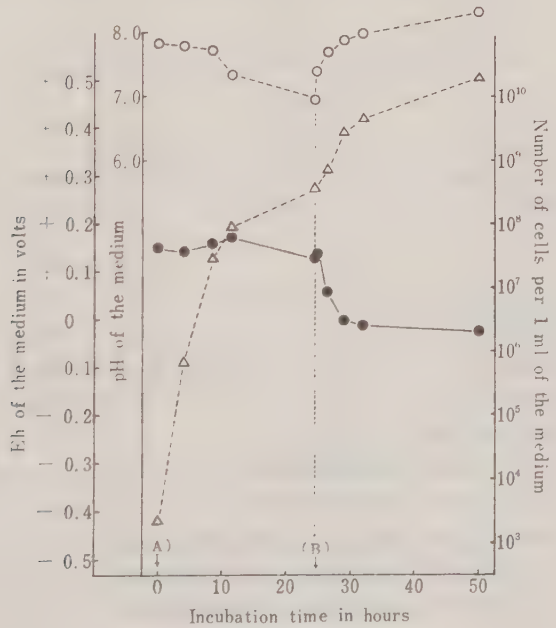


Fig. 6. Relation between the growth of aerobic bacteria (A1), the changes in Eh and pH of the culture medium under the change of cultural condition from anaerobic to aerobic. (A): anaerobic cultivation started; (B): aeration started. The other marks were the same as those employed in Fig. 4.

ず，その後も嫌気的環境下で長時間最高発育を持続した。またこの細菌を好気的に静置培養したときは(第5図)，通気培養にくらべて発育の速度と程度はかなり小さく，Eh もやや緩慢な降下が長く続いた。この細菌を L ascorbic acid 0.1 g/L を含む培地に嫌気瓶中で培養した結果は（第6図)，発育は一層ゆるやかで低い程度のまま一旦定常状態に入ろうとしたが，これに空気を通ずると再び急速な発育がはじまった。Eh は最初の嫌気的培養ではほとんど変化しなかったが，通気後発育の再開とともにはげしく降下した。

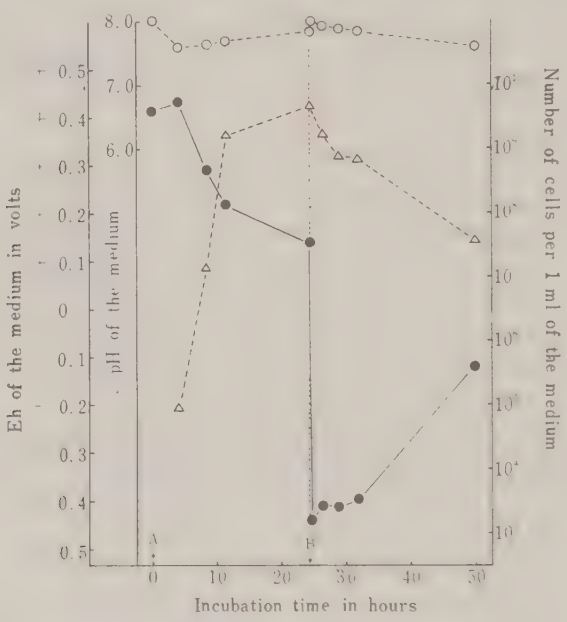


Fig. 7. Relation between the growth of aerobic bacteria (A5), the changes in Eh and pH of culture medium under the change of cultural condition from aerobic to anaerobic. The marks were the same as those employed in Fig. 4.

つぎに，A5 株については培養条件のちがいによる差異が上より一層強く示された。すなわち空気の通気培養では（第7図)，急激な発育と Eh 降下が並行したが，L-ascorbic acid 添加と水素通気によって Eh が著しく低くなった後は生菌数はほとんど減少せず，一方嫌気培養では（第8図)，発育は最初はなはだしく抑制されるも通気後はきわめて急激となり，これにともなって Eh は急速に降下した。好気的静置培養（第8図）では上の両者の中間の状態がみられた。

結局，上の実験から，これら2種の好気性細菌の培養では空気の通気によって発育もいちじるしく促進されるだけでなく，それにともなって酸化還元電位の降下もきわめて急激になることが明らかになった。このことは，酸化還元電位を酸素分圧自体の指標ではなく可逆的酸化還元系の平衡状態にもとずくものであることを思えば理解できる。また，同じく好気性細菌であっても，菌種によって酸化還元電位，ことに低い電位に対する態度がいちじるしく異なり，低い電位に対してはなはだ敏感であるものと，これによってほとんど影響を受けないものとがあることが示された。前者は発育初期においても，低い酸化還元電位による発育阻害がことに著しかった。これらの事実は，いわゆる偏性的傾向と通性的傾向との差異を示すものであって，上の実験（3）における混合培養の結果をよくうら書きするものである。

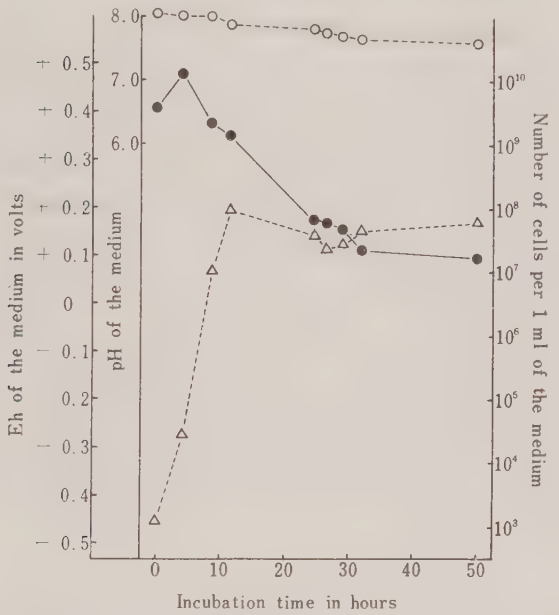


Fig. 8. Relation between the growth of aerobic bacteria (A5), the changes in Eh and pH of the culture medium under aerobic stationary cultivation. The marks were the same as those employed in Fig. 4.

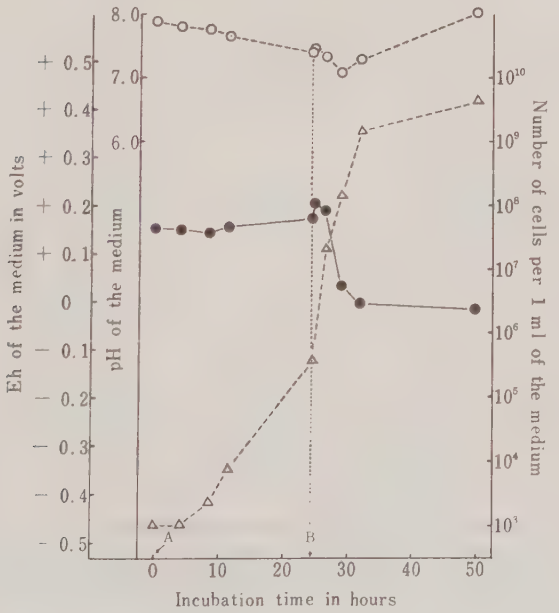


Fig. 9. Relation between the growth of aerobic bacteria (A5), the changes in Eh and pH of the culture medium under the change of cultural condition from anaerobic to aerobic. (A): anaerobic cultivation started; (B): aeration started. The other marks were the same as those employed in Fig. 4.

（5）純粋培養ならびに好気性細菌との混合培養に対する通気の影響

硫酸塩還元細菌が天然において酸素（または空気）にさらされるか，あるいは高い酸化還元電位の環境下におかれたとき，その発育あるいは生存はどのような影響を受けるであろうか。既報[1]のとおり，この細菌は偏性嫌気性細菌であるから最初から高い酸化還元電位の下では全く発育を開始できないか，若しある程度発育が進行した後または最大発育をとげた後に，酸素にふれるかあるいは高い酸化還元電位の環境下におかれた場合，その後の発育ないしは生存はどのような影響を受けるであろうか。この点を明らかにするための基礎実験として，先ず対数発育期にある硫酸塩還元細菌の培養に空気を通じてその影響をみた。

第1表の培地に硫酸塩還元細菌を純粋培養し，または之れから L-ascorbic acid を除いた培地に好気性細菌 A1 株と混合培養して，対数発育期の中ごろからはげしく空気を通気した。その結果は第 10～13 図に示すとおりである。すなわち純粋培養においては第 10，11 図に示すように空気の通気によって Eh の急昇がみられたが，生菌数のいちじるしい減少はなく，かえってゆるやかな増殖が続いた。そして第 10 図に示すように，短時間（3時間）通気した後 L-ascorbic acid 0.1 g/L を加えるとともに窒素ガスを約 30 分間はげしく通じて Eh を急に下げると，発育は一旦わずかに下降した後ふたたび対数発育を示した。空気通気中には生菌数が減少することなく通気をやめて Eh を下げた後にかえって死滅がみられたのは，おそらく空気

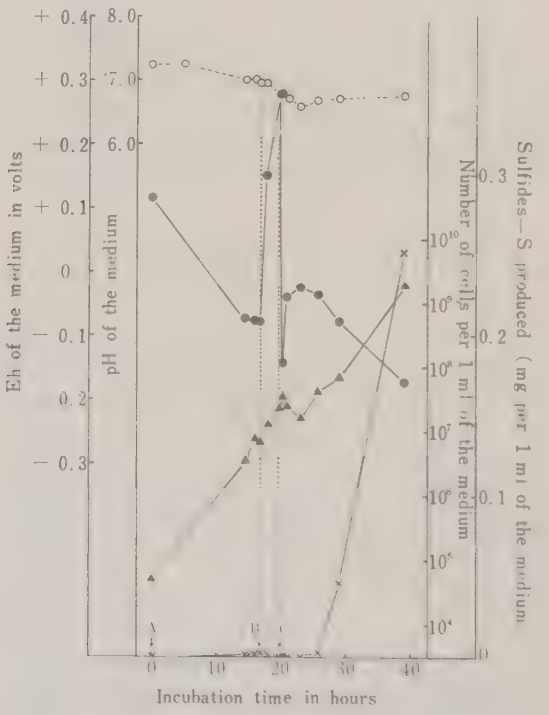


Fig. 10. Influence of aeration on the population of sulfate-reducing bacteria (SM1) during the growth in pure culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of the culture medium. (A): anaerobic cultivation started; (B) aeration started; (C): aeration was stopped, L-ascorbic acid (0.1 g/L) was added, N_2 was bubbled for 20 min., and culture was place into anaerobic jar. The other marks were the same as those employed in Fig. 1.

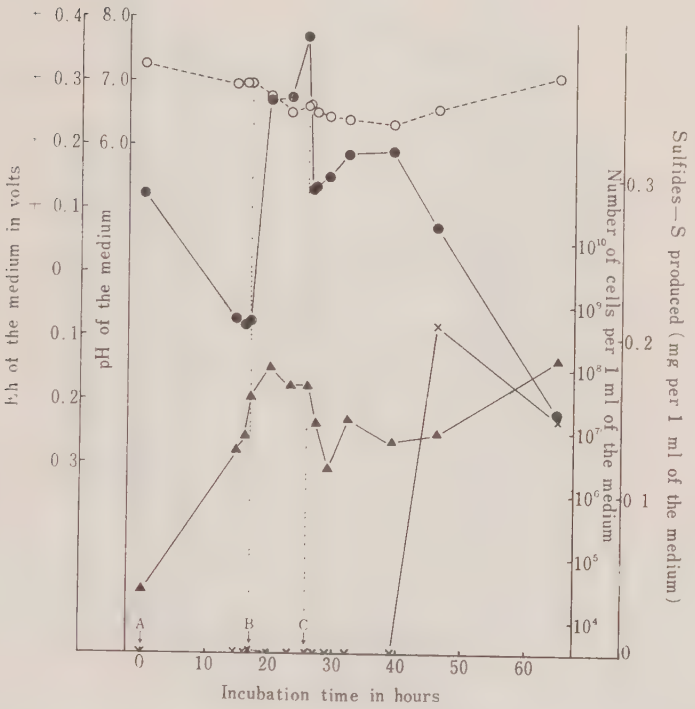


Fig. 11. Influence of aeration on the population of sulfate-reducing bacteria (SM1) during the growth in pure culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of the culture medium. The marks were the same as those employed in Fig. 10.

通気の影響がおくれてあらわれたためではなかろうか。最初の対数発育にともなってわずかに生成された硫化物は空気通気によって全く消失したが，二次的対数発育にともなって顕著な硫化物の生成がみられた。また Eh は窒素通気後に自然酸化のため一旦上昇したが，発育と硫化物生成にともない再び降下した。一方，比較的長時間（9時間）空気を通気した場合には，第11図にみられるとおり通気中発育は停止して平衡状態となり，L-ascorbic acid の添加と窒素通気によって Eh を下げた後にかえって生菌数のかなりの減少がみられ，その後発育は徐々に回復したがその速度はゆるやかであって，再び二次的対数発育期はあらわれなかった。これに対して好気性細菌 A1 株との混合培養においては，第13図に示すとおり空気通気によって Eh はかなり上昇したが，純粋培養におけるような急激な上昇はみられなかった。これは図に示されるように，好気性細菌の発育（ならびに活動）が促進され，それが Eh のいちじるしい上昇をおさえたためと思われる。硫酸塩還元細菌は空気の通気中ほとんど発育を停止したが，生菌数のいちじるしい減少はおこらなかった。約9時間の空気通気を止めそのまま静置したところ，Eh は再びすみやかに下降しはじめ，硫酸塩還元細菌の発育も間もなく急にさかんとなった。硫化物もこれにともなって顕著に生成された。また，第12図は比較のため硫酸塩還元細菌の静置培養の結果を示すものである。

結局以上の結果から，硫酸塩還元細菌の培養が対数発育期に空気を通気された場合，通気時間が短かいときは通気がおわり Eh が下げられた後にふたたび lag phase を経ることなくすみやかに二次的対数発育が開始されるが，通気時間が長いときは発育の回復はなはだ緩慢であることが明らかになった。そして好気性細菌と共存するときには，空気の通気によって好気性細菌の発育が促進される結果，Eh の急昇はおこら

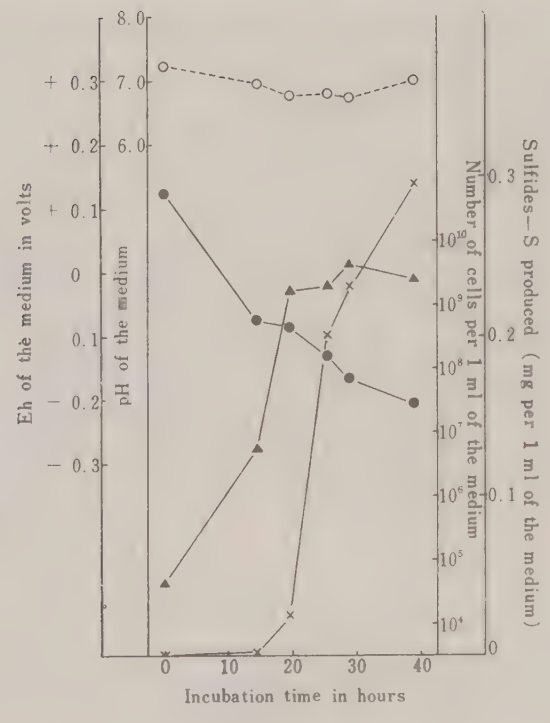


Fig. 12. Relation between the growth of sulfate-reducing bacteria (SM1) in pure culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of culture medium under anaerobic stationary condition. The marks were the same as those employed in Fig. 10.

ず，長時間の通気によっても比較的その影響が小さかった。

以上は，一般に微生物の物理的，化学的刺激に対する感受性も最も強いといわれる対数発育期に空気と接触した場合についての結果であるが，つぎにこの細菌の培養が最高発育をとげた後にいろいろの酸化還元的条件下におかれた場合，その生存はどのような影響を受けるかをみた。

すなわち，上の実験で39時間静置培養された純粋培養（第12図に示したもの）を，さらに嫌気培養瓶中に静置保温するか，そのままはげしく空気を通気するか，あるいはこれに好気性細菌A1株を少量接種混合してのち空気を通気した。その結果を第14～16図に示す。

すなわち，嫌気的条件下では（第11図），生菌数および硫化物量はともに徐々に減少したが約50時間後にもかなりの細菌が生存し硫化物も相当多量残された。Ehの上昇もはなはだゆるやかであった。純粋培養に空気を通気した場合には（第15図），硫化物量はすみやかに減少し6時間後にはほとんど消失したが，生菌数の減少は比較的ゆるやかであって25時間後でも 4.9×10^6/ml も残存した。しかし約50時間後には生菌は全く認められなかった。またEhは最初から急速に上昇した。好気性細菌を少量混合して後空気を通気したときは（第16図），最初から好気性細菌のきわめてさかんな発育がみられた。そして硫酸塩還元細菌数の減少，硫化物の消失，Ehの上昇はいずれも6時間ぐらいはかなり急激であったが，好気性細菌がさかんな発育を遂げた後はこれらの変動が極めてゆるやかとなり，ことに硫化物においてはわずかながら再び増加がみられた。しかし約50時間後においてはこれらの変化量はすべて大きくなった。

一方，前の実験において好気性細菌A1株と39時間混合培養したもの（第13図に示されたもの）を，

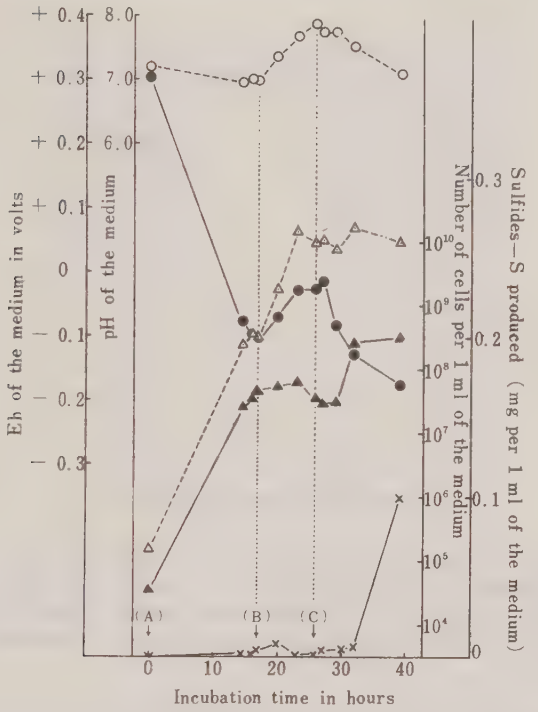

Eh of the medium in volts
pH of the medium
Number of cells per 1 ml of the medium
Sulfides—S produced (mg per 1 ml of the medium)
(A)
(B)
(C)
Incubation time in hours

Fig. 13. Influence of aeration on the population of sulfate-reducing bacteria (SM1) and aerobic bacteria (A1) during the growth in mixed culture, the production of sulfides, the changes in Eh and pH of culture medium. ···△···: number of cells of aerobes (A1). The other marks were the same as those employed in Fig. 10.

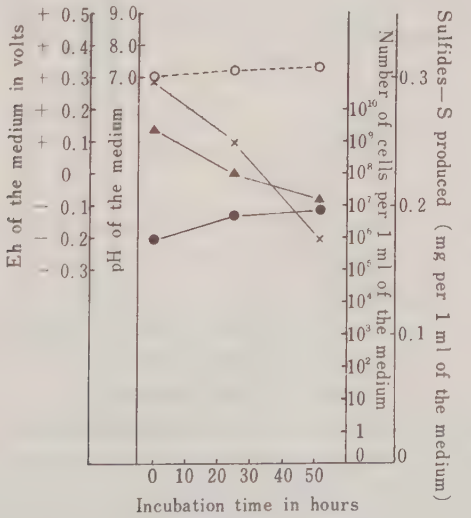

Eh of the medium in volts
pH of the medium
Number of cells per 1 ml of the medium
Sulfides—S produced (mg per 1 ml of the medium)
Incubation time in hours

Fig. 14. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium under anaerobic condition after the preincubation for 39 hrs. The marks were the same as those employed in Fig. 1.

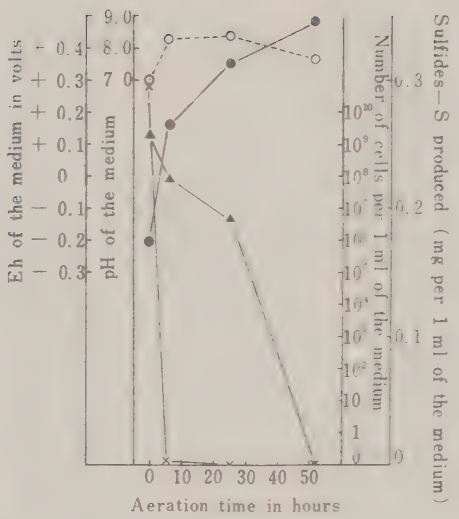

Eh of the medium in volts
pH of the medium
Number of cells per 1 ml of the medium
Sulfides—S produced (mg per 1 ml of the medium)
Aeration time in hours

Fig. 15. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium during aeration after the pre-incubation for 39 hrs. The marks were the same as those employed in Fig. 1.

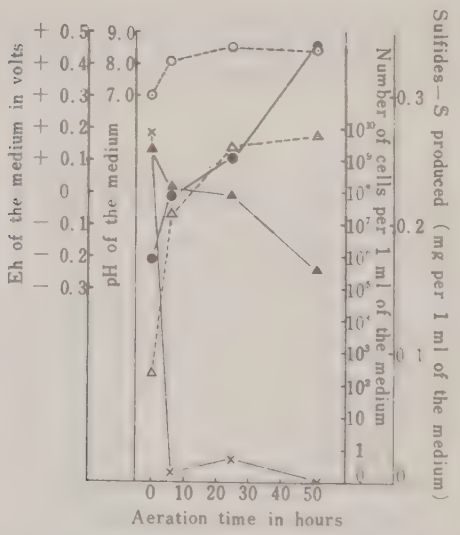

Eh of the medium in volts
pH of the medium
Number of cells per 1 ml of the medium
Sulfides—S produced (mg per 1 ml of the medium)
Aeration time in hours

Fig. 16. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1) and aerobic bacteria (A1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium during aeration after inoculation with aerobes to pre-incubated 39 hrs' pure culture of sulfate reducers. ···△···: number of cells of aerobes. The other marks were the same as those employed in Fig. 1.

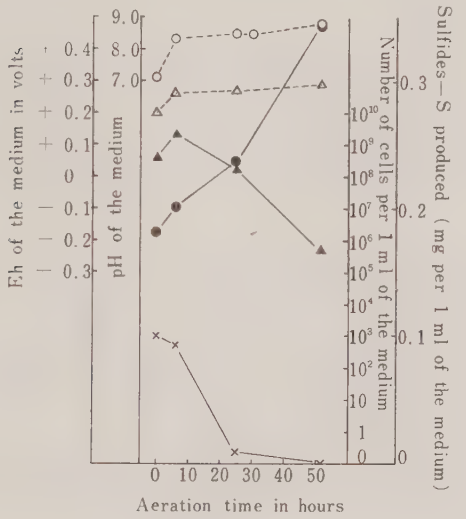


Fig. 17. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1) and aerobic bacteria (A1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium during aeration after the pre-incubation for 39 hrs. in mixed culture. The marks were the same as those employed in Fig. 16.

さらに空気を通気して保温した場合は第 17 図に示すとおりである。好気性細菌は通気によって再び増加を示し，硫酸塩還元細菌も一旦わずかに増加したがその後かなり速やかに減少した。硫化物の消失，Eh の上昇は，最初は比較的ゆるやかであったが，その後はかなり急激であった。

すなわち以上の結果，硫酸塩還元細菌の培養が最高発育を遂げた後に空気と接触した場合，硫化物の消失および Eh の上昇はかなり急激であるが，生菌は比較的長く生きのこることが明らかになった。そして好気性細菌と共存するときは，硫化物の減少，Eh の上昇および硫酸塩還元細菌数の減少はいちじるしく抑制されることが示された。

論　　議

一般に細菌の発育に必要な Eh のレベルは前培養条件，接種量，培地の組成あるいは培養条件などによって大きな影響を受けるので，実験（1）で得られた発育可能な Eh レベルの値を他の細菌について報告されたものと厳密に比較することはそれほど重要ではない。しかし嫌気性細菌についてなされたいくつかの報告と照らし合わせると，この硫酸塩還元細菌が発育に要求する Eh レベルの上限は比較的高いようにみえる。たとえば KLIGLER・GUGGENHEIM[7] が *Clostridium welchii* の発育は Eh 約 −0.125 volt 以下（L-ascorbic acid 0.2 g/L 以上）でおこると報告し，また，STOLP[8] が *Clostridium butyricum* は L-ascorbic acid 0.25 g/L 以上を含む培地で発育できることをみたのに対して，本報での結果はこの硫酸塩還元細菌が概して Eh +0.20 volt 以下（L-ascorbic acid 0.05 g/L 以上）で発育を開始し得ることを示している。上の実験で大量接種のときには培地の初発 Eh が比較的高くても発育がはじまることを観察し，これは主として菌体のもつ還元作用力にもとずく現象ではないかと考えたが，このことと考えあわせて，この細菌の発育可能な Eh レベルの上限が比較的高いことはこの細菌の還元作用力がはなはだ強いことを示すものではなかろうか。REED・ORR[9] は多くの *clostridia* の発育と接種量との関係についてしらべ，還元

要因を含まぬ培地に十分な大量接種をおこなうと菌体の activity によって培地の Eh が（−0.2 volt 附近まで）降下して発育がはじまるが，この限界接種量よりもわずかでも少ないときには Eh は一旦下がるがその程度が完全でないので発育できずに再び上昇するとし，Eh を下げ発育を開始させるのに必要な接種量はその細菌の，高い Eh に対する感受性と相関，菌種によって 1～1,000 倍の開きがあることを示した。はたして，発育がはじめられないときにも検知できる程度の Eh 降下が真におこるかどうか，あるいはかなりの程度にまで Eh さがってもなお発育できない場合があるか否かは疑わしいが，この観察は上述の考察をささえるのに有力である。

HEWITT[10] も述べているように，細菌の培養に形成される酸化還元電位は真にどのような物質にもとずくものであるか，あるいは Eh 測定にあたって実際にどのような酸化還元系が測られているのかについてわれわれはまだ十分の知識をもっていない。しかし，培養における還元状態の発達は，菌体による還元性物質の生成と菌体自身がもつ還元作用力とによることはおそらく疑いない。実験（2）で培養における Eh の分布をしらべた結果も低い電位の形成にはこの両者がともに関与しているらしいことがみられた。そして，FeS が大量に存在するところに特別な低電位の発達はみられず，菌体および FeS を遠心除去した上澄液にも十分低い電位が存在したことから，溶存物質中に低電位の主要な担い手があるように思われる。しかし，実験（3）および（5）における電位－発育－硫化物の関係図からみて，少なくとも最初の急激な電位降下は主として細菌の還元作用力に帰せられ，その後に生成される H_2S あるいは FeS はこの降下をさらに助長するとともに，一旦つくられた低電位の維持に重大な役割を果たしているとみるのが妥当ではないであろうか。

低電位の維持に対するこれら物質の効果は，つぎの実験でしらべられた。すなわち，第1表の組成から Fe^{++} 塩を除いた培地に硫酸塩還元細菌を 48 時間培養し，これをそのまま，あるいはこれに $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 1.0 g/L を加えた後，空気または窒素を通気して Eh，硫化物および生菌数の変動をしらべた。その結果第 18～20 図に示すように，空気の通気にともなって硫化物の急速な減少と Eh の上昇とが

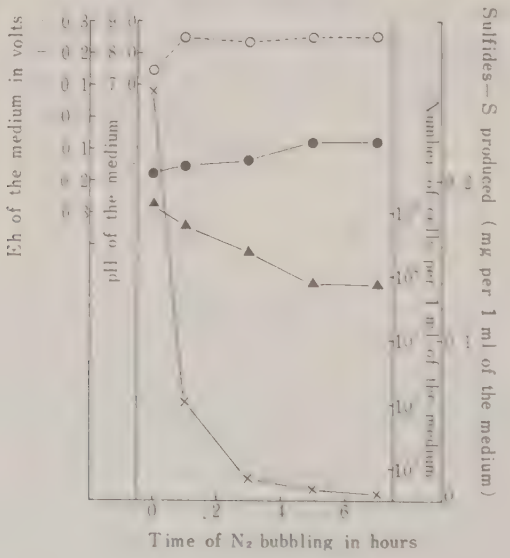


Fig. 18. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM_1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium under bubbling N_2 after pre-incubation on Fe^{++} deficient medium for 48 hrs. The marks were the same as those employed in Fig. 1.

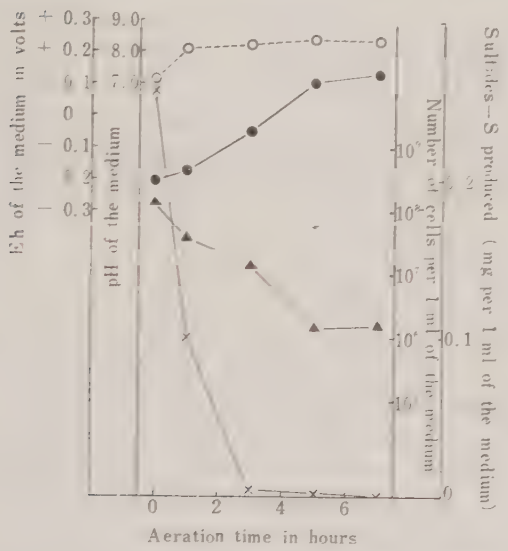


Fig. 19. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium during aeration after pre-incubation on Fe⁺⁺ deficient medium for 48 hrs. The marks were the same as those employed in Fig. 1.

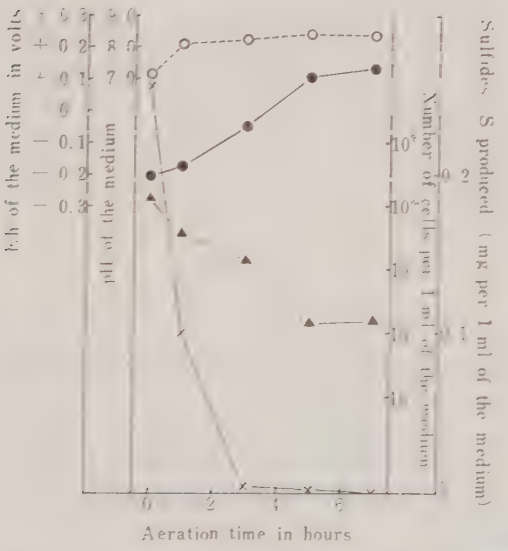

Eh of the medium in volts
pH of the medium
Number of cells per 1 ml of the medium
Sulfides—S produced (mg per 1 ml of the medium)
Aeration time in hours

Fig. 20. Changes in population of sulfate-reducing bacteria (SM1), amount of sulfides contained, Eh and pH of culture medium during aeration after $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (1.0 g/L) was added to pre-incubated 48 hrs' culture on Fe⁺⁺ deficient medium. The marks were the same as those employed in Fig. 1.

みられたが，硫化物の存在する間は概して Eh の急昇はおこらず，これが消失した後すみやかに上昇することが示された。Fe^{++} を加えた培地（第 20 図）における方がこれを加えなかった培地（第 19 図）でよりも硫化物の消失はかなりおそく，Eh の上昇もこれに応じていく分おくれた。そして窒素通気（第 18 図）においてさえも，通気にともなう硫化物の逸散に応じて Eh の上昇がみられた。これらのことは低い電位の形成，維持に硫化物が重大な役割を果していることを想像させる。硫化物の消失が Fe^{++} を加えた培地でおくれたのは，遊離 H_2S が不溶性 FeS となったため通気にともなう逸散と酸化がおそかったからであろう。また硫酸塩還元細菌数はいずれの場合にも（窒素通気においてさえ）通気にともない漸次減少したが，Fe^{++} が加えられたものでは硫化物消失後にも減少の程度がかなりゆるやかであった。Fe^{++} による保護作用を示すものかも知れない。窒素通気の場合に生菌減少の程度が小さかったのは当然であろう。結局以上の結果から，Eh の形成維持に対して硫化物は重大な役割をもっており，Fe^{++} の存在は不溶性 FeS をつくることによって硫化物の逸散，酸化を防ぐため，このはたらきを一層助長するものと考えられる。

実験(3)において，初発 Eh が硫酸塩還元細菌の発育可能レベルより高い場合には，共存好気性細菌の発育にともなう低電位の形成によってこの細菌の発育が開始されることがみられたが，この共存好気性細菌による低電位の形成は，実験(4)の結果からわかるように発育ときわめて密接に関連し，空気通気によってかえって Eh の降下が促進された。すなわち，細菌の培養における電位の高さは酸素の多少と直接には相関せず，常に変化の状態にある酸化還元系の動的平衡の一断面を反映するものであるという多くの人の説を支持するものである。これら好気性細菌の発育によって到達される Eh の最低値は，硫酸塩還元細菌によるものよりもかなり高かったが，培養に形成される電位の値は培地の組成によって大きく支配されるから，この値にもとずいて両者の還元作用力を比較することは妥当ではない。すなわち，好気性細菌と嫌気性細菌とを区別する特徴は，発育によって到達される最低電位の高さのちがいにあるのではなく，発育可能な初発 Eh のレベルの相違にある。しかし，少なくともこの硫酸塩還元細菌の場合には，大量に生成される硫化物が上述のように Eh 降下を一層助長することが考えられる。

発育中の硫酸塩還元細菌に対する通気の影響は，一般に外部からの刺激に最も敏感といわれる対数発育期においてすら割合決定的ではなく，また最高発育後の通気による生菌数の減少も比較的ゆるやかであって，この細菌の生存は酸素あるいは高い Eh に対してかなり大きく抵抗することを示している。好気性細菌と共存するときには，発育期にも死滅期にも通気による影響はいちじるしく緩和され，生菌数の減少，硫化物の消失および Eh の上昇はともにはなはだしく抑えられた。これらのことは，天然におけるこの細菌の生態を考察する上にきわめて重大である。

摘　　要

海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに activity と培地の酸化還元電位との関係を，純粋培養ならびに好気性細菌との混合培養についてしらべ，つぎの結果を得た。

1. この細菌の発育可能な Eh レベルの上限は約+0.20 volt であった。大量接種のときには Eh レベルがかなり高くても発育できたが，おそらく菌体自身のもつ還元作用力によるものであろう。
2. 好気性細菌と共存するときには，これの発育にともなう低電位の形成のため，初発 Eh がきわめて高くても硫酸塩還元細菌の発育がおこった。
3. 培養における Eh の分布状態ならび Eh，発育，硫化物の関係から，この細菌の培養における還元状態の発達は先ず発育にともなう菌体の還元作用力による，生成された硫化物がこれの助長と維持に重大な役割をもち，さらに Fe^{++} は硫化物の消失をおさえるため一層この傾向を強めることが示された。
4. 好気性細菌の発育は空気の通気によって促進され，これと密接に並行して Eh の降下も急激となった。
5. 発育期または死滅期にある硫酸塩還元細菌の培養に空気を通気した場合，Eh の上昇と硫化物の消失か

急速であったのにくらべて生菌の発育，生存には比較的影響が少なかった。ことに好気性細菌と共存するときには，通気によってこの発育と活動が促進されるため，その影響ははなはだしく抑制された。

おわりに，本研究をご指導いただいた京都大学農学部木俣正夫教授，ご指導ならびに本報のご校閲をいただいた同大学食糧科学研究所門田　元教授に厚くお礼申し上げる。また，実験の遂行その他をご援助いただいた井上美恵子嬢に深謝する。

文　　献

1）畑　幸彦・三好英夫・門田　元・木俣正夫，1959：本報告，**8**，135—145.
2）畑　幸彦，1960：本報告，**9**，329—345.
3）ZoBell C. E. and C. B. Feltham，1934：*Bull. Scripps Inst. Oceano., Tech. Ser.*，**3**，279—296.
4）富山哲夫・神崎嘉瑞夫，1951：日水会誌.，**17**，115—121.
5）St. Lorant I.，1929：*Z. Physiol. Chem.*，**185**，245.
田宮　信雄，1958：化学の領域，増刊34，pp. 1—2.
6）畑　幸彦，1960：本報告，**9**，363—375.
7）Kligler I. J. and K. Guggenheim，1937：*J. Bact.*，**35**，141—156.
8）Stolp H.，1955：*Archiv Mikrobiol.*，**21**，293—309.
9）Reed G. B. and J. H. Orr，1943：*J. Bact.*，**45**，309—320.
10）Hewitt L. F.，1950："Oxidation Reduction Potentials in Bacteriology and Biochemistry" 6th ed., E. & S. Livingstone Ltd., Edinburgh, England.

海洋性硫酸塩還元細菌の発育および硫化物生成作用における水素受容体について※

畑　　幸　彦

Hydrogen Acceptors in Growth and Sulfide Formation of Marine Sulfate-Reducing Bacteria※

By

Yoshihiko HATA

The present paper is concerned with the quality and the quantity of substances available as hydrogen acceptors in the sulfide formation and in the growth by marine sulfate-reducing bacteria (strain SM1).

The utilization of various sulfur compounds and the other compounds by these organisms was examined by observing the growth and the sulfide formation in the media containing the above substances respectively.

Sulfates and the other inorganic sulfur compounds originally contained in peptone and lactic acid which were employed as additions to the basal medium were removed by "Permutit A".

The results obtained are shown in Tables 1–3 and Figs. 1 and 2, and may be summarized as follows:

1) These organisms were able to utilize sulfate, sulfite, thiosulfate, tetrathionate and metabisulfite in the growth and the formation of hydrogen sulfide. Although elementary sulfur and dithionite enabled these organisms to grow slowly and to produce sulfide slightly, it could not be confirmed that these substances were utilized by these organisms as hydrogen acceptors in their energy yielding metabolism; these phenomena might be caused by the impurities accidentally contained in the test substances.

2) Neither sulfanilic acid, benzenesulfonate, toluenesulfonic acid, cystine, nitrate, nitrite, chromate, phosphate, hydroxylamine, malic acid nor fumaric acid were

※ 水産講習所研究業績　第312号，1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 312.
Received June 23, 1960.

utilized as hydrogen acceptors in the growth of these organisms. Pyruvic acid supported the limitted growth of these organisms, but this growth might be due to the active impurities present in pyruvic acid.

3) The concentration of sulfate required for the initiation of growth of these organisms was very low (less than 2.8×10^{-4} M), and its concentration for supporting the maximum growth was also relatively low (5.6×10^{-3} M). On the other hand, the maximum sulfate-reducing activity was obtained at relatively high concentration of sulfate (higher than 1.4×10^{-2} M).

硫酸塩還元細菌は有機化合物を[illegible]水素[illegible]を硫酸塩[illegible]水素を[illegible]に[illegible]てこれを還元する。そして，この際に有機化合物に[illegible]酸化 (heterotrophic) [illegible]は水素[illegible]酸化 (autotrophic) によってエネルギーを得る。すなわち，呼吸に酸素を最終水素受容体として H_2O をつくる。これに対して，この細菌による硫酸塩還元は硫酸塩（およびそれに[illegible]すべき化合物）を最終水素受容体として H_2S とするものであって，おなじく無機物を水素受容体とするという点では形式上呼吸に近い。

海洋性硫酸塩還元細菌の[illegible]発育に水素供与体として[illegible]する化合物[illegible]については[illegible]については[illegible]，[illegible]報ではこの細菌の発育に水素受容体として[illegible]する物質，硫酸塩[illegible]，またこの細菌の[illegible]硫化物生成作用におよぼす水素受容体としての硫酸塩の濃度の影響について検討した。

実 験 方 法

1. 供試菌株：代表的海洋性種である SMI[3)3)] の菌株を用いた。

2. 基礎培地：[illegible]この細菌の発育[illegible]に[illegible]硫酸塩を除いたもの[illegible]で，[illegible]なる水素受容体[illegible]導入[illegible]。[illegible]"Permutit A" のカラムを通して純化した。

Table 1. Composition of basal medium.

Peptone	2.0 g
Lactic acid	2.5
$(NH_4)_2HPO_4$	0.15
$FeCl_2\cdot4H_2O$	0.5
L-Ascorbic acid	0.2
NaCl	26.89
KCl	0.75
$MgCl_2\cdot6H_2O$	10.63
Distilled water	1,000 ml
pH	7.5

3. 培地の滅菌：[illegible]実験 (1) [illegible]。[illegible]実験 (2) [illegible]製後 15 ポンド 20 分間オートクレーブした。

4. 接種ならびに培養：海水液体培地に 30°C 2 日間前培養されたものを 2,500 r.p.m. 10 分で遠心集菌し，滅菌された 3.0 % 食塩水で 2 回洗滌再懸濁し，この懸濁液 10^{-4} ml を約 90 ml の被検培地に接種した。これに滅菌流動パラフィンを約 2 cm に重層して 30°C に保った。

5. 測定および定量：硫酸塩還元細菌数は semisolid 海水培地を用いて extinction dilution method [2] により計数し，硫化物は富山・神崎の方法[4]で水蒸気蒸溜し，ST. LORANT 法[5]によってメチレンブルーとして 610 mμ で光電比色定量した。また硫酸塩は $BaCl_2$ を加えて $BaSO_4$ として懸濁させ[6] 660 mμ で比濁定量した。

実 験 結 果

(1) 水素受容体として利用される化合物

この細菌が発育に水素受容体として利用する化合物の種類を明らかにするため，基礎培地に第 2 表のいろいろの種類のイオウ化合物またはその他の化合物を 2.7×10^{-2}M（海水中の硫酸塩量とほぼ等量）の濃度に加え，細菌数および硫化物生成量を測定した。供試化合物のうちテトラチオン酸塩（$S_4O_6^{--}$）はチオ硫酸塩（$S_2O_3^{--}$）と I_2 から調製した。

その結果は第 2 表に示すとおり，無機イオウ化合物を加えたものではすべて発育ならびに硫化物の生成が

Table 2. The growth and the sulfide formation of marine sulfate-reducing bacteria (strain SM1) at 30°C in the media containing various substances as hydrogen acceptors. (Substances were added in the concentration of 2.7×10^{-2} M.)

Substance added	Incubation time (hrs.)				
	0	39		70	
	cells/ml	cells/ml	Sulfides-S mg/ml	cells/ml	Sulfides-S mg/ml
Non (Control)	10^3—10^4	10^3—10^4	0	10^3—10^4	0
Sulfate Na_2SO_4	〃	10^9—10^{10}	0.102	10^9—10^{10}	0.190
Sulfite Na_2SO_3	〃	10^9—10^{10}	0.080	10^9—10^{10}	0.132
Thiosulfate $Na_2S_2O_3$	〃	10^9—10^{10}	0.184	10^9—10^{10}	0.174
Tetrathionate $Na_2S_4O_6$	〃	10^9—10^{10}	0.188	10^9—10^{10}	0.204
Dithionite (hydrosulfite) $Na_2S_2O_4$	〃	10^3—10^4	0	10^2—10^3	0
Metabisulfite $Na_2S_2O_5$	〃	10^8—10^9	0	10^9—10^{10}	0.028
Sulfur (powder) S	〃	10^6—10^7	0.010	10^7—10^8	0.009
Sulfanilic acid $H_2NC_6H_4\cdot SO_3H$	〃	10^3—10^4	0	10^2—10^3	0
Bensenesulfonate $C_6H_5SO_2Cl$	〃	10^2—10^3	0	10^3—10^4	0
p-Toluenesulfonic acid $CH_3\cdot C_6H_4\cdot SO_3H$	〃	10^2—10^3	0	10^2—10^3	0
Cystine $C_6H_{12}O_4N_2S_2$	〃	10^3—10^4	0	10^3—10^4	0
Nitrate $NaNO_3$	〃	10^3—10^4	0	10^3—10^4	0
Nitrite $NaNO_2$	〃	10^3—10^4	0	10^3—10^4	0
Chromate Na_2CrO_4	〃	10^2—10^3	0	10—10^2	0
Phosphate Na_3PO_4	〃	10^2—10^3	0	10^3—10^4	0
Hydroxylamine $NH_2OH\cdot HCl$	〃	10^2—10^3	0	10^2—10^3	0
Pyruvic acid $CH_3\cdot CO\cdot COOH$	〃	10^6—10^7	0	10^5—10^6	0
DL-Malic acid $HOOC\cdot CH_2CH(OH)\cdot COOH$	〃	10^2—10^3	0	10^2—10^3	0
Fumaric acid $HC\cdot COOH=HOOC\cdot CH$	〃	10^3—10^4	0	10^2—10^3	0

Table 2. Continued.

Substance added	Incubation time (hrs.) 92 cells/ml	92 Sulfides-S mg/ml	138 Sulfides-S mg/ml	208 cells/ml	208 Sulfides-S mg/ml	306 Sulfides-S mg/ml
Non	10^2—10^3	0	—	10^2—10^3	0	0
Sulfate	—	0.122	—	—	—	—
Sulfite	—	0.194	—	—	—	—
Thiosulfate	—	0.126	—	—	—	—
Tetrathionate	—	0.136	—	—	—	—
Dithionite	10^8—10^9	0.012	0.028	—	0.022	—
Metabisulfite	10^8—10^9	0.050	0.038	—	0.009	—
Sulfur	10^8—10^9	0.014	0.024	—	0.040	0.036
Sulfanilic acid	10^3—10^4	0	0	10^2—10^3	0	—
Bensenesulfonate	10^2—10^3	0	0	10^2—10^3	0	—
p-Toluenesufonic acid	10^3—10^4	0	0	10 —10^2	0	—
Cystine	10^2—10^3	0	0	10^2—10^3	0	—
Nitrate	10^3—10^4	0	0	10 —10^2	0	—
Nitrite	10 —10^2	0	0	10^2—10^3	0	—
Chromate	10 —10^2	0	0	0	0	—
Phosphate	10^3—10^4	0	0	10^2—10^3	0	—
Hydroxylamine	10 —10^2	0	0	1 —10	0	—
Pyruvic acid	10^6—10^7	0	0	10^5—10^6	0	—
DL-Malic acid	10 —10^2	0	0	10^2—10^3	0	—
Fumaric acid	10^2—10^3	0	0	10^2—10^3	0	—

みられたか，無添加の対照および有機イオウ化合物またはイオウを含まない化合物を加えた場合には，焦性ブドウ酸において微弱な発育がみられたのを除いては，全く発育をおこなかった。すなわち，供試の無機なイオウ化合物は(イオウを含めて)すべてこの細菌に水素受容体として発育に利用され且つ還元されて硫化水素を生ずるが，有機イオウ化合物およびイオウを含まない化合物は水素受容体としてはおそらく利用されないようにみえる。焦性ブドウ酸においてわずかな発育がみられたのは，夾雑する不純物によるおそれがある。

これら可利用イオウ化合物のうち，発育ならびに硫化物生成速度が最も大きかったのはチオ硫酸塩($S_2O_3^{--}$)およびテトラチオン酸塩($S_4O_6^{--}$)であって，硫酸塩(SO_4^{--})および亜硫酸塩(SO_3^{--})はこれに次いだが，メタ重亜硫酸塩($S_2O_5^{--}$)，イオウ(S)および亜二チオン酸塩($S_2O_4^{--}$)ではこの順序にしたがって発育がかなりおくれ，かつ硫化物最高蓄積量は最も低い値に止まった。発育が最もおそかった亜二チオン酸塩については，試験されたpH (7.5)のもとでは徐々に分解されてSO_4^{--}とSを生ずるので，あるいはこれらが水素受容体として利用されたのかも知れない。

(2) 発育ならびに硫化物生成作用におよぼす硫酸塩濃度の影響

硫酸塩欠除の基礎培地(第1表)にいろいろの濃度の$(NH_4)_2SO_4$を加え，この細菌の発育ならびに硫化物生成作用におよぼす硫酸塩の濃度の影響をみた。

その結果は第3表ならびに第1，2図に示すとおり，SO_4^{--} 2.8×10^{-4}～1.4×10^{-1} g ions/L (天然海水中の濃度の約$\frac{1}{100}$～5倍)の範囲では十分な発育がおこなわれ，2.8×10^{-1} g ions/L (海水中の約10倍)の濃度では全く発育がみられなかった。後者はおそらく高浸透圧のためであろう。またこの場合，無添加の対照でもわずかながら発育がみられたのは，基礎培地の処理による基質の除去が不十分であったためと思われる。

Table 3. Effect of sulfate concentration on the growth and the sulfide formation in marine sulfate-reducing bacteria (strain SM1) at 30°C.

Concentration of supplement $(NH_4)_2SO_4$ M	SO_4^{--}-S mg/ml	Incubation time (hrs.) 0 cells/ml	22 cells/ml	22 Sulfides-S mg/ml	43 cells/ml	43 Sulfides-S mg/ml	43 SO_4^{--}-S mg/ml
0	0	10^3—10^4	10^3—10^4	0	10^5—10^6	0	0
2.8×10^{-4}	(0.009)	〃	10^7—10^8	0	10^8—10^9	0.003	0.004
1.4×10^{-3}	(0.045)	〃	10^7—10^8	0	10^9—10^{10}	0.023	0.010
2.8×10^{-3}	(0.090)	〃	10^8—10^9	0	10^9—10^{10}	0.084	0.008
5.6×10^{-3}	(0.179)	〃	10^9—10^{10}	0.003	10^9—10^{10}	0.148	0.026
1.4×10^{-2}	(0.448)	〃	10^8—10^9	0.004	10^9—10^{10}	0.188	0.242
*2.8×10^{-2}	(0.896)	〃	10^7—10^8	0.003	10^9—10^{10}	0.156	0.752
5.6×10^{-2}	(1.796)	〃	10^7—10^8	0.002	10^9—10^{10}	0.094	1.676
1.4×10^{-1}	(4.480)	〃	10^6—10^7	0	10^8—10^9	0.022	4.350
2.8×10^{-1}	(8.874)	〃	10^2—10^3	0	1 —10	0	—

* Comparable to the sulfate concentration in natural sea water.

Continued

Concentration of supplement $(NH_4)_2SO_4$ M	SO_4^{--}-S mg/ml	Incubation time (hrs.) 70 cells/ml	70 Sulfides-S mg/ml	70 SO_4^{--}-S mg/ml	115 cells/ml	115 Sulfides-S mg/ml
0	0	10^5—10^6	0	0	0	0
2.8×10^{-4}	(0.009)	10^8—10^9	0.012	0	0.004	0
1.4×10^{-3}	(0.045)	10^9—10^{10}	0.044	0	0.034	0
2.8×10^{-3}	(0.090)	10^9—10^{10}	0.086	0	0.056	0
5.6×10^{-3}	(0.179)	10^9—10^{10}	0.144	0	0.098	0
1.4×10^{-2}	(0.448)	10^9—10^{10}	0.378	0	0.236	0
*2.8×10^{-2}	(0.896)	10^9—10^{10}	0.224	0.608	0.222	0.514
5.6×10^{-2}	(1.796)	10^8—10^9	0.146	1.550	0.224	1.400
1.4×10^{-1}	(4.480)	10^9—10^{10}	0.102	4.292	0.158	4.240
2.8×10^{-1}	(8.874)	0	0	—	0	—

Continued

Concentration of supplement $(NH_4)_2SO_4$ M	SO_4^{--}-S mg/ml	Incubation time (hrs.) 187 cells/ml	187 Sulfides-S mg/ml	187 SO_4^{--}-S mg/ml	283 cells/ml	283 Sulfides-S mg/ml	283 SO_4^{--}-S mg/ml
0	0	10^4—10^5	0	0	10^4—10^5	0	0
2.8×10^{-4}	(0.009)	10^7—10^8	0.003	0	10^7—10^8	0.002	0
1.4×10^{-3}	(0.045)	10^8—10^9	0.030	0	10^8—10^9	0.024	0
2.8×10^{-3}	(0.090)	10^9—10^{10}	0.044	0	10^9—10^{10}	0.064	0
5.6×10^{-3}	(0.179)	10^9—10^{10}	0.074	0	10^9—10^{10}	0.066	0
1.4×10^{-2}	(0.448)	10^8—10^9	0.110	0	10^8—10^9	0.068	0
*2.8×10^{-2}	(0.896)	10^7—10^8	0.116	0.364	10^7—10^8	0.066	0.352
5.6×10^{-2}	(1.796)	10^9—10^{10}	0.194	1.334	10^8—10^9	0.076	1.306
1.4×10^{-1}	(4.480)	10^9—10^{10}	0.212	4.208	10^8—10^9	0.096	4.132
2.8×10^{-1}	(8.874)	0	0	—	0	0	—

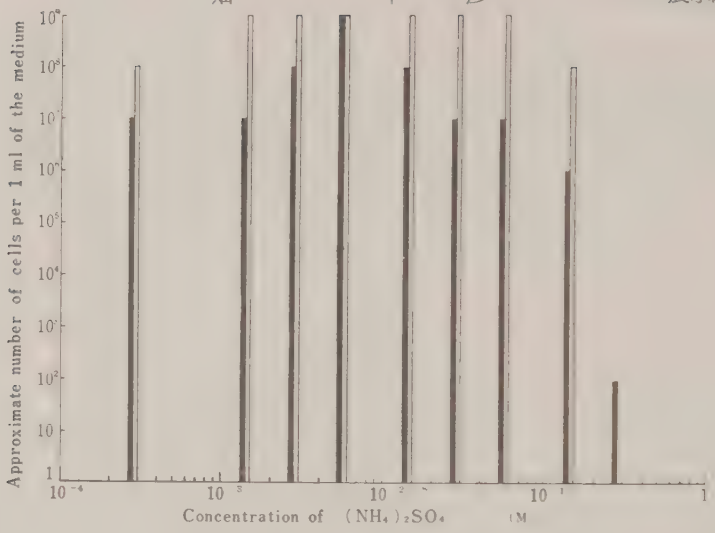


Fig. 1. Effect of sulfate concentration on the growth of marine sulfate-reducing bacteria (strain SM1) at 30°C. ■ : after 22 hrs. ; □ : after 43 hrs.

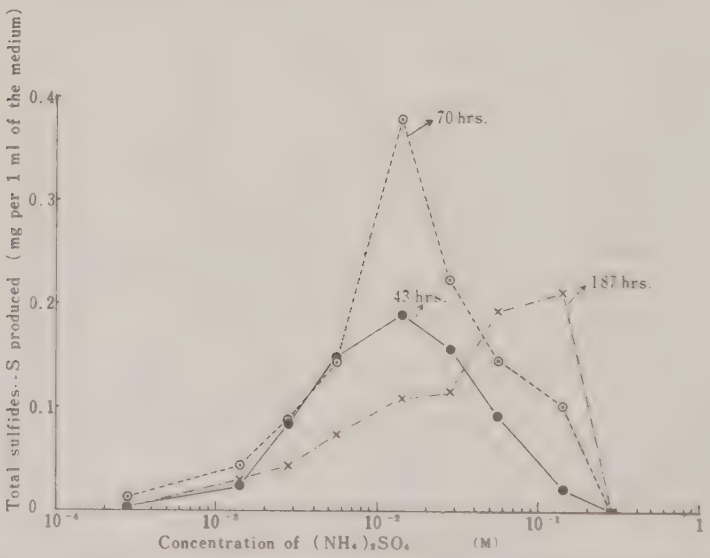


Fig. 2. Effect of sulfate concentration on the sulfide formation by marine sulfate-reducing bacteria (strain SM1) at 30°C.

そして，発育は SO_4^{--} 2.8×10^{-3}～1.4×10^{-2}（最高 5.6×10^{-3}）g ions/L（海水中の約 1/10～1/2）附近において最もすみやかにおこり，この濃度をはなれるほど緩慢であったが，2.8×10^{-4} g ions/L（海水中の約 1/100）程度の微量でもやがて十分な発育が得られた。一方，硫化物の生成は 5.6×10^{-3}～2.8×10^{-2}（最高 1.4×10^{-2}）g ions/L [illegible] 発育と硫化物生成とでは最適硫酸塩濃度を異にするようである。発育には比較的低濃度の硫酸塩で十分であるが，硫化物生成には多量である硫酸塩の濃度が制限要因となることを示している。すなわち，SO_4^{--} 1.4×10^{-2}g ions/L 以下の比較的低濃度では初期のうちに SO_4^{--} がほと

んど全く還元されてそれ以後の硫化物生成が止まったが，それより以上の SO_4^{--} 濃度ではさらに還元がつづいて硫化物蓄積量が増大した。そのため後期における硫化物の蓄積量は(発育阻止範囲を除いては)最初の SO_4^{--} 濃度が高いほど大きかった。

結局以上の結果から，この細菌の発育および硫酸塩還元作用自体に対する硫酸塩の至適濃度は比較的低いが，硫化物生産に対しては硫酸塩濃度が制限因子となるため，一般に高濃度の硫酸塩におけるほど硫化物の最終蓄積量は大きいことがわかった。

論　　議

上の実験の結果，代表的海洋性種 SMI は発育において硫酸塩，亜硫酸塩，チオ硫酸塩，テトラチオン酸塩，メタ重亜硫酸塩，亜二チオン酸塩およびイオウなど無機イオウ化合物を水素受容体として利用することが明らかになった。このことは ZoBELL・RITTENBERG[7] が海洋性種について，POSTGATE[8] および石本・小山[9] が淡水性種について，それぞれ認めた事実とほぼ一致する。また一方，この細菌の発育にはスルファニール酸，ベンゼンスルフォン酸，トルエンスルフォン酸，シスチンなど有機イオウ化合物，および硝酸塩，亜硝酸塩，クロム酸塩，ヒドロキシラミン，リンゴ酸，フマール酸などイオウを含まない化合物は唯一の水素受容体としては利用されなかったが，このことも上記研究者の得た結果と大体同様である。

しかし焦性ブドウ酸については，POSTGATE[10] は halophilic および non-halophilic の数株の硫酸塩還元細菌がこれを唯一の水素受容体として十分発育できることを報告している。本研究においても海洋性種がこれをわずかに利用するようにみえたが，その低い利用性から，また試薬の純度から考えて早急には断言できない。また，GROSSMAN・POSTGATE[11] はフマール酸およびリンゴ酸が，SENEZ・PINCHINOTY・KONOVALTCHIKOFF-MAZOYER[12] は硝酸塩およびヒドロキシラミンが，GENOVESE・PINCHINOTY・SENEZ[13] はヒドロキシラミンが，それぞれ硫酸塩還元細菌の resting cell によって H_2 の存在下で還元されることを認めたが，海洋性種 SMI の resting cell においても同様のことがみられるかどうかを別の機会に追究したい。また SISLER・ZoBELL[14] は，autotrophic な海洋性硫酸塩還元細菌が培養において次式にしたがい CO_2 あるいは HCO_3^- を水素受容体としてさかんに利用することを観察し，この (CH_2O)

$$CO_2 + 2H_2 \longrightarrow (CH_2O) + H_2O$$

であらわされる還元生成物は主として菌体の原形質であることを述べた。淡水性，海洋性を通じて硫酸塩還元細菌の多くは autotrophically に，あるいは有機物の存在下で分子状水素を利用する[14) 15) 16)] * から，このことは極めて重大である。

しかしながら，天然の環境下で水質や泥質を関連して直接重要であるのは，硫酸塩など被還元性イオウ化合物の存在する場合についてである。ことに海洋において最も問題となるのは硫酸塩およびイオウであろう。後者については POSTGATE[8] は，淡水性種の場合，純粋な elementary sulfur は利用されないが，colloidal sulfur はわずかながら利用されると述べている。本実験の結果では通常の粉末状イオウが緩慢ながら発育に利用され硫化物を生成することはうたがいないが，多くの未利用イオウが残存するにかかわらず還元力はなはだ僅かの程度で止まったことから考えると，あるいは夾雑するイオウの酸化物が利用されたためかも知れない。しかしいずれにしても，天然の，殊に海洋におけるイオウの利用性は硫酸塩の場合にくらべると甚だ微弱であろうと思われる。

つぎに，硫酸塩濃度と発育ならびに硫化物生成作用との関係について考察してみよう。この細菌の発育に対しては（その速度はいく分小さかったが）2.8×10^{-4}M（海水中における約 $1/100$）程度の極めて微量の硫酸塩で十分満足されるようであり，またその至適濃度も比較的低かった（$2.8 \times 10^{-3} \sim 1.4 \times 10^{-2}$M；海水中における $1/10 \sim 1/2$ 程度）。これらのことは，POSTGATE[8] が淡水性種の発育に対する硫酸塩の至適濃度は

* このことについては，別の機会にくわしく報告する。

10^{-2}M であって，これ以下の濃度では発育が急激に低下することをみた事実とは異なり，ZoBell[17] が硫酸塩濃度 10^{-3}～10^{-2}M にわたって発育は弱められないと述べた結果に近い。そして，硫酸塩還元作用それ自体も初期においてはほぼ発育と平行したが，長時間後における硫化物の最終蓄積量は基質としての硫酸塩の濃度によって制限されるので，一般にその濃度の高いほど大きかった。

以上のことは，さきに筆者が他の協同研究者とともに[18] 満潮時に海水の逆流する河川の底土中において，硫酸塩還元細菌の（淡水性種および海洋性種を含めての）総数は SO_4^{--} 濃度とは相関せず，いずれの地点でも多数存在するが，硫化物量は SO_4^{--} 濃度と比例することをみた事実をよく説明するものである。すなわち，この細菌の硫化物生成作用に対する SO_4^{--} の有効濃度の最高限界は発育に対するその最高限界よりも極めて大きいことを示している。したがって，イオウ化合物以外の無機塩をはじめ，その他の栄養要求が満たされるかぎり，水界においてこの細菌の発育がイオウ化合物の濃度によって制限されることはほとんどあり得ないと思われるが，一方硫化物蓄積量は一般に可利用イオウ化合物の濃度に比例すると考えられる。

摘　　要

海洋性硫酸塩還元細菌の発育および硫化物生成作用における水素受容体について調べ，つぎの結果を得た。

1．この細菌は硫酸塩，亜硫酸塩，チオ硫酸塩，テトラチオン酸塩およびメタ重亜硫酸塩をそれぞれ唯一の水素受容体として発育し，これらを還元して硫化物を生成した。イオウまたは亜二チオン酸塩の場合でもわずかな発育と硫化物生成がみられたが，これらの利用性は夾雑物によるおそれがある。

2．有機イオウ化合物およびイオウを含まない化合物のうち，焦性ブドウ酸を除いては，唯一の水素受容体として利用されるものは見出されなかった。焦性ブドウ酸の場合にも，その利用性は低く，夾雑物による可能性がある。

3．硫酸塩を水素受容体とするとき，この細菌の発育に対する硫酸塩の必要濃度はきわめて低く，またその至適濃度も低かった。硫酸塩還元作用自体に対してもその至適濃度は低かったが，硫化物生産に対しては硫酸塩濃度が制限因子となるため，その最終蓄積量は概して硫酸塩濃度に比例した。

本研究にあたりご指導をいただいた京都大学農学部木俣正夫教授，ご指導ならびに本報のご校閲をいただいた同大学食糧科学研究所門田　元教授に厚くお礼申し上げる。また，硫化物定量法について有益なご助言をいただいた同大学農学部河合　章助教授，実験の遂行その他にて援助を得た井上美恵子嬢に深謝する。

文　　献

1）木俣正夫・門田　元・畑　幸彦，1955：日水会誌．**21**，235—239.
2）畑　幸彦，1960：本報告，**9**，329—345.
3）　　〃　　，1960：　　〃　　，**9**，347—362.
4）富山哲夫・神崎嘉瑞夫，1951：日水会誌，**17**，115—121.
5）ST. LORANT I.，1929：*Z. Physiol. Chem.*，**185**，245.
　田宮信雄，1959：化学の領域，増刊 **34**，1—2.
6）三宅泰雄，1949："水質分析"，pp. 115—116. 小山書店，東京.
7）ZoBell C.E. and S.C. RITTENBERG，1948：*J. Marine Research*，**7**，602—617.
8）POSTGATE J. R.，1951：*J. gen. Microbiol.*，**5**，725—738.
9）石本　真・小山次郎，1953：日化誌，**74**，853—857.

石本　真・小山次郎, 1953：日化誌., **74**, 903—907.
10) POSTGATE J.R., 1952 : *Research*, **5**, 189—191.
11) GROSSMAN J.P. and J.R. POSTGATE, 1955 : *J. gen. Microbiol.*, **12**, 429—445.
12) SENEZ J.C., F. PINCHINOTY and M. KONOVALTCHIKOFF-MAZOYER, 1956 : *Comp. rend. Acad. Sci.*, **242**, 570—573.
13) GENOVESE S., F. PINCHINOTY and J.C. SENEZ, 1957 : *Peloritana Sci. Fisic. Matemat. e Nat.*, **3**, 303—319.
14) SISLER F.D. and C.E. ZOBELL, 1951 : *J. Bact.*, **62**, 117—127.
15) ———— ——— ———, 1950 : ———, **60**, 747—756.
16) BUTLIN K.R., M.E. ADAMS and M. THOMAS, 1949 : *J. gen. Microbiol.*, **3**, 46—59.
17) ZOBELL C.E., 1958 : Ecology of Sulfate Reducing Bacteria. *Producers Monthly*, **22**, 12—29.
18) 木俣正夫・門田　元・畑　幸彦・三好英夫, 1957：日水会誌., **22**, 701—707.
KIMATA M., H. KADOTA, Y. HATA and H. MIYOSHI, 1958 : *Records Oceanogr. Works Japan*, Special No. 2, 187—199.

グリコールキチン水溶液の挙動について※

武田道夫・田川昭治

On Behavior of Dilute Aqueous Solution of Glycol Chitine※

By

Michio TAKEDA and Shōji TAGAWA

The measurements of viscosity and solubilization power were performed on aqueous solutions of glycol chitine (G.C.) for the moderate concentrations.

The solution seemed to be Newtonian at lower G.C. concentrations than 0.13 g/100 ml, but over this value, the shear dependence of viscosity increased with the concentration.

In the extremely dilute solutions, the "abnormal viscosity" was distinguished.

The solubilization of G.C. for benzen began sharply at the concentration of 0.03 g/100 ml. Over this critical concentration, the solubilization power was suddenly increased and kept at the almost constant value.

These results suggested that in the aqueous solutions the association of G.C. molecule take place at the considerably low concentration and the flexibility of molecule is as scant as that of cellulose derivatives.

1. 緒　　言

N－アセチルグルコサミンの重合体であるキチンは，分子間でカルボニル基が水酸基またはアミノ基と水素結合をしているために，非常な化学的安定性を示すものと考えられている[1]。このキチンに親水性のグリコール基またはカルボキシルメチル基を導入することにより，水溶性の誘導体とすることが出来る。[2][3]これら導入された親水性基とN－アセチルアミノ基との間の関係を知ることは，高分子化合物の分子構造と溶解性に関する知見を得る上において，興味ある問題だと考えられる。

水溶性のキチン誘導体の溶液中における挙動は直接それら分子間または分子内の状態に関連していると考えられるので，グリコールキチン（以下 G. C. と略す）水溶液の粘度および無極性溶媒に対する可溶化能

※ 水産講習所研究業績　第313号，1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 313.
Received June 23, 1960.

力を測定し，溶液中の分子の形状または状態を推察した。

2. 試料および実験方法

2－1　キチン[4)5)]：

北洋漁場のたらば蟹の殻を流水中に4～5日間浸漬後，始めはN/10終りに1Nの塩酸溶液で処理してカルシウムを除去した。同様にN/10および1Nの水酸化ナトリウム溶液で処理して蛋白質を除き，脱色素をおこなった後乾燥した。これを更にミキサーにて粉砕し10～13メッシュのものを試料に用いた。

2－2　キチンのグリコール化[2)]

上で得られたキチンに42%水酸化ナトリウム溶液を加え25°Cで2時間処理して，アルカリキチンを得た。このアルカリキチンにエチレンクロルヒドリンより合成した酸化エチレンを同量加えて25°Cで2時間反応させたものをエチルアルコール中に注いで凝析させ，遠心沈殿で分離した。その後溶解，凝析を5回くり返し最後に無水エチルアルコール及びエーテルで脱水し，30°Cで2日間乾燥後，減圧デシケーター内に2週間以上保存したものを用いた。

2－3　粘度測定および計算[6)7)8)]

粘度は和田氏[9)]の傾斜型粘度計を用いてその平均有効落差を24.02 mmから168.77 mmまで変えて，その流下時間から速度勾配に対する値を求めた。使用した粘度計の毛細管部分の半径および長さは，それぞれ0.26 mmと129.00 mmである。測定温度は25.6±1/100°C．粘度計の洗滌および試料の溶解に用いた溶媒はすべてグラスフイルターで口過して除塵した。なお粘度の測定には調整後24時間以上経過したものをグラスフイルターで一度口過して用いた。

2－3－a　平均有効落差

次の式を用いた

$$h=\frac{h_2-h_1}{\ln(h_2/h_1)}$$

h_2およびh_1はそれぞれ始めと終りの落差でhは平均有効落差。

2－3－b　相対粘度[10)]

相対粘度はηrを次の式で計算し，更に運動エネルギーの補正項$\triangle\eta r$を加えた値を用いた。

$$\eta r=\frac{\rho}{\rho_0}\cdot\frac{4/t_0}{3/t+1/t_0\cdot\dfrac{d(1/t)}{d(1/t_0)}}$$

ρ，ρ_0，tおよびt_0はそれぞれ試料と溶媒の密度および流下時間。

$$\triangle\eta r=\frac{\rho}{\rho_0}\cdot K\cdot\frac{(t/t_0)^2-1}{t/t_0}$$

$$K=\frac{B}{t_0^2}$$

$$\eta=\rho\cdot A\cdot\left(t-\frac{B}{t}\right)$$

A，Bは粘度計固有の定数で，ηは粘度を表す。Kの決定にはグリセリン水溶液を用いた。

2－3－c　速度勾配[10)]

速度勾配$\dot{\gamma}$は次の式で求めた

$$\dot{\gamma}=6F(\tau)+2\tau\frac{dF(\tau)}{d\tau}$$

τはせん断応力で

$$F(\tau)=-\frac{V}{2\pi R^3 t}$$

Rは毛細管半径，Vは流量を表わす。

2－4　可溶化能力の測定[11)12)13)14)]

無極性溶媒としてベンゼン（特級）を選び，それぞれの試料に適当量加えて，フリマゼ機（振巾6 cm，毎分90回水平往復）に10分間かけた後，30分間静置したものを，光電比色計（日立製 EPO－B 型）で，530 mμのフイルターを用いてその透過率（蒸留水に対する）を求めた。

3，実験結果および考察

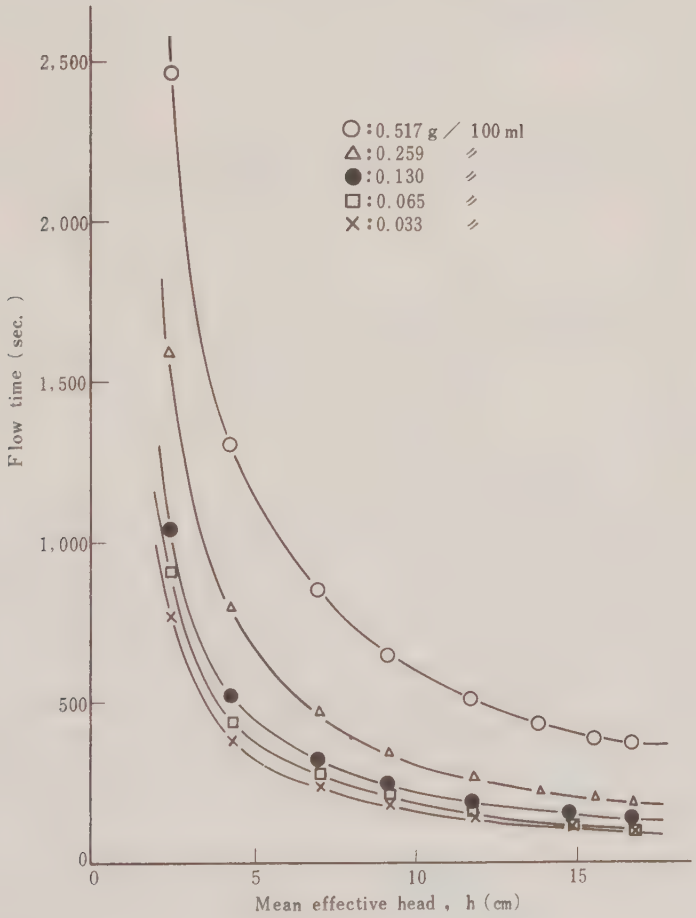


Fig. 1. Relation between mean effective head and flow time of G. C. aqueous solutions

各濃度のG. C. 水溶液の平均有効落差と流下時間の関係を第1図に示した。（0.5g/100 ml 以上の濃度の場合hの値の小さい所では流下途中で気泡を生じたためこの粘度計では測定出来なかった。）

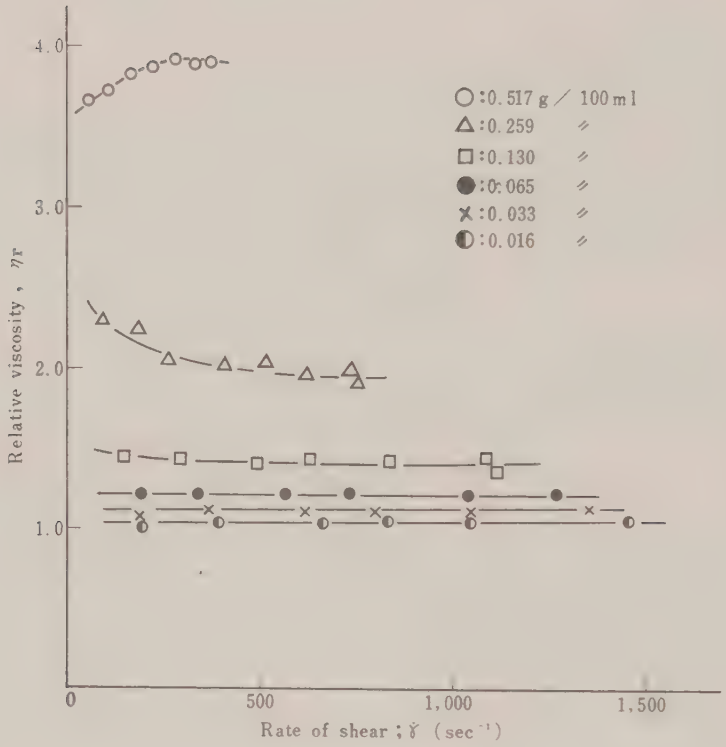


Fig. 2. Shear dependance of relative viscoisty of G. C. aqueous solutions.

第1図の値から計算した相対粘度の速度勾配依存性の結果を第2図に示した。第2図から濃度 0.13g／100ml 以上ではγの値の小さい部分で速度勾配依存性が表われて来て，非ニュートン性流動をしていることが認められる。0.26g/100ml 以上では特にこの傾向が著しくなって来る。0.52g/100ml ではγの増加と共にηr も大きくなって来ているが，このような濃度の高い部分ではγの増加にともなって，分子がお互に接近する傾向が増大し分子間のもつれが甚だしくなるかまたは二次的な会合が行はれていると考えられる。[15]

更に同一速度勾配値における還元粘度の濃度依存性を第3図に示した。この図から濃度 0.065g/100ml 以下ではかえって還元粘度の値は上昇し“極希薄領域における異常性”[16]が認められて来ている。この原因については最近いろいろ論議されているが，何れにしても他の高分子溶液の場合，各分子のもつれがとけ始める0.05%以下で起るとされている。G.C. 水溶液の場合もほぼ同じ値となっていることは，高分子に共通した原因によるものと思はれる。

第2図および第3図から非ニュートン性流動の始まる G.C. の濃度と“極希薄溶液における異常性”のおこる濃度との間の濃度差は非常に狭く，粘度の測定においては両面の考慮を充分にはらわなければならないと考える。

無極性溶媒へのセルロースに対する可溶化量の結果を第4図に示した。濃度 0.13g/100ml 以上の G.C. 水溶液では，透過率が急に減少するヘキサンの添加量は，G.C. の濃度に関はらずほぼ一定値を示す。濃度 0.13g/100ml 以下では曲線が急に下降している。各曲線で透明度が急に減少しはじめる点は G.C. の濃度が大きいほど低位にあり，この現象のおこる G.C. の限界濃度を知るために第4図に示したように角θをそれぞれの曲線について求め，その tan θの値と G.C. の濃度との関係を第5図に示した。これより tan θ＝0 に相当する G.C. の濃度は 0.03g/100ml となって，これ以上の濃度で急に透明度が減少する点におけるヘキサン添加量

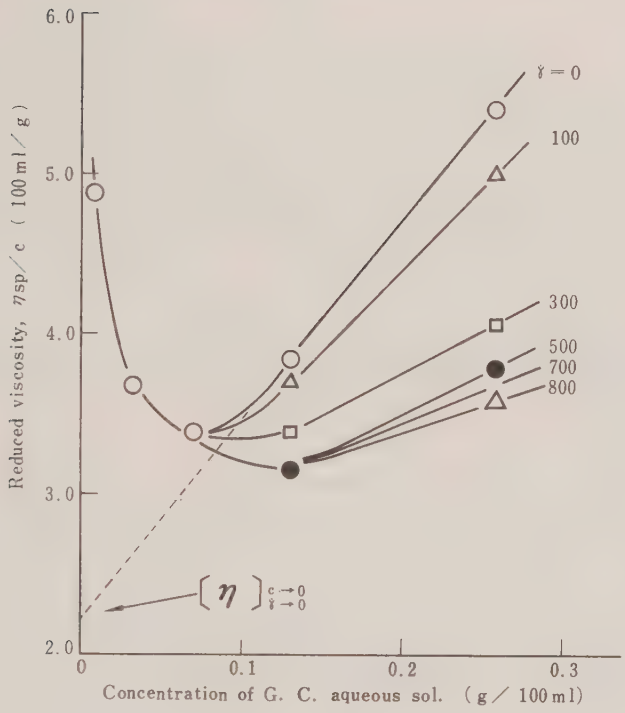


Fig. 3. Concentration depndence of reduced viscosity of G. C. aqueous solutions.

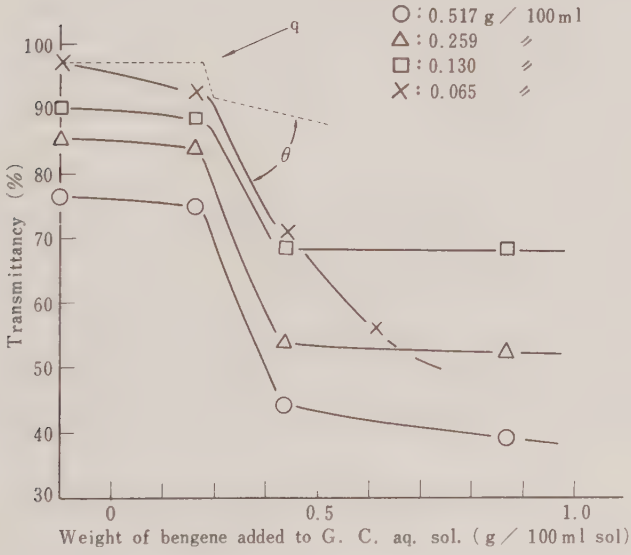


Fig. 4. Transparency of G. C. aqueous solution added with benzene.

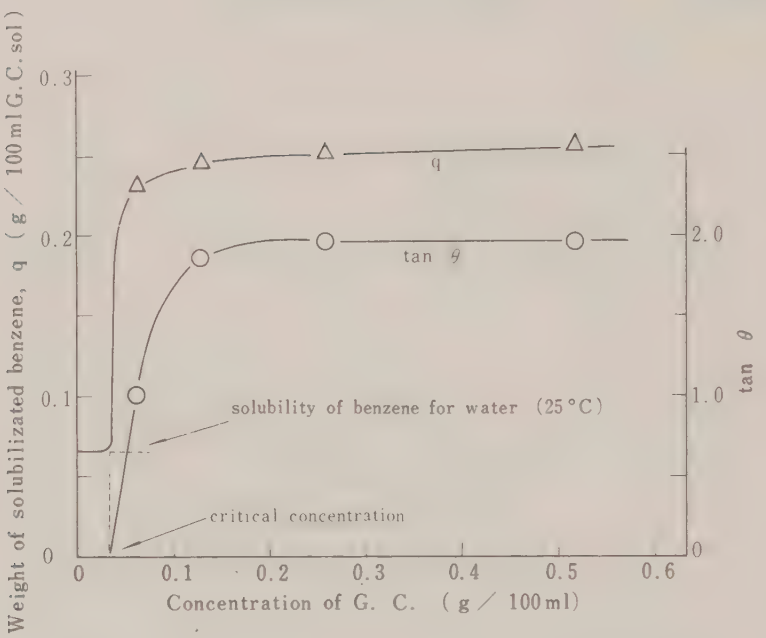


Fig. 5. Solubilization power of G. C. aqueous solutions for benzen.

q g/100ml を G.C. 水溶液のベンゼンに対する可溶化能と考え第4図のようにして求め，q と濃度との関係を第5図にあわせて示した。なお25°Cにおけるベンゼンの水に対する溶解度[19]は0.0657g/100ml H_2O である。

通常高分子性表面活性剤は一つの分子自体が低分子の場合のミセルに相当するだけの大きさを持っているために，その可溶化能力も濃度0から始まるのであるが[20] G.C. の場合は0.03 g/100ml から急激に上昇し0.13g/100ml 以後はほぼ一定値を保っていることは試料に供した G.C. の重合度が余り大きくないということと共に，分子間の水素結合能が相当まだ大きく，二次的な結合によるミセルが生成され始め，濃度0.13g/100ml 以後では G.C. の分子はミセルの形成に参加するのみで，ベンゼンの可溶化には用いられていないことを示すものと考えられる。もう少し濃度の高い部分の測定をしてみなければはっきりした結論は出せないが，この現象はミセルの形成が完成される迄続くものと考えられる。例えば G.C. 濃度0.13g/100ml 以上では更にベンゼンの添加量が増加すると，各曲線とも再び一定値をとっている。このことはやはりミセルの生成がまだ不完全であるために，乳化力が増加せず，能力以上のベンゼンは分離しているものと考えられる。

以上 G.C. 水溶液の粘度と可溶化能力との結果を検討してみると，非ニュートン性流動の始まる濃度と透過率曲線の勾配が急変して来る濃度が何れも0.065 g/100ml 附近と一致していることから，この濃度附近を境界として，溶液中における G.C. の分子の形が大きく変って来ていることが推察出来る。屈曲性が少く，分子の形が球形から偏移するほど希薄溶液から非ニュートン性流動を示すと考えられているが，[21][22] G.C. もセルロース誘導体の場合と同じように屈曲性に乏しい棒状の分子として溶液中に存在すると考えても良いようである。

4. 結　　言

G.C. 水溶液の粘性およびベンゼンに対する可溶化能力を測定して次の結果を得た。

a．濃度0.13g/ml 以上では非ニュートン性流動を示し，濃度の増加と共にその傾向が強くなり，0.52g/

100ml では曲線がγの増加と共に上昇するようになった。

b．濃度0.065g/100ml 以下では“極希薄溶液における異常性”が表れた。

c．ベンゼンに対する可溶化能の限界濃度として0.03g/100ml の値を得た。

d．可溶化能力は0.13g/100ml 以上の濃度では，ほぼ一定値に達した。

以上の結果から親水性のグリコール基が導入されることにより，キチンの分子間の結合は弱められて水溶性となるが，二次的な会合性も依然強く極めて薄い濃度の溶液中でも大れが行はれているものと考えられる。特にセルロース誘導体の場合と同じように，分子は球形から背異した棒状の分子形をとっているものと推察した。これらのことは更に表面張力，グリコール基置換度，重合度分布等の測定により詳細にしらべたいと思う。

最後に試料を供せられた北洋水産株式会社手塚久雄氏に厚くお礼申しあげます。

（概要は昭和35年5月27日下関での日本化学会中国，四国支部第30回常会にて発表）

文　　献

1） DARMON, S. E. and K. M. RUDALL, 1950 : *Discussions Far. Soc.* No. 9, 251.

2）千手諒一・沖増　哲，1950：農化，**23**，432.

3）沖増　哲，1958：農化，**32**，3.

4）住木諭介・八坂基雄・松島　賢，1949：農化，**23**，6.

5） HOROWITZ, S. T., S. ROSEMAN, and H. J. BLUMENTHAL, 1957 : *J. Am. Chem. Soc.*, **79**, 5046.

6）黒岩章晃，1956：実験化学講座，**8**（上），124.

7）黒岩章晃，1960：高分子，**9**，52.

8）和田英一，1956：実験化学講座，**8**（上），170.

9） WADA, E., 1953 : *J. Sci.* Res. Inst., **47**. 149. 159. : 1954. *J. Polymer. Sci.*, **16**, 305.

10） RABINOWITSCH, B., 1929 : *Z. physik. Chem.*, A, **1**, 145..

11） MCBAIN, J. W. and P. H. RICHARDS, 1946 : *Ind. Eng Chem.*, **38**, 642.

12） STEARN, R.S., H. OPPENHEIMER, F. SIMON and W. D. HARKINS, 1947 : *J. Chem. Phys*, **15**, 496.

13）黒岩茂隆，1956：工化，**59**，665.

14）後藤廉平・菅野竹雄，1956：実験化学講座，**7**，169.

15）黒岩茂隆，1959：工化，**62**，1590.

16） TAKEDA, M. and E. TSURUTA, 1952 : *Bull. Chem. Soc. Jap.*, **25**, 80.

17）平井西夫，1957：高化，**14**，252.

18）三宅康博，1960：高分子，**9**，189.

19）日本化学会編，1958：化学便覧，631.

20）松浦良平，1959：高分子，**8**，143.

21） KUHN, W. and H. KUHN, 1945 : *Helv. Chim. Acta.*, **28**, 1533.

22） HUGGINS, M. L., 1958 : *Physical Chemistry of High Polymers.*, 71.

油なめし法の検討(其の三)※

松　沢　定一五　郎

Consideration on Oil Tanning※

By

Jyogoro MATUZAWA

In these experiments to consider 5 problems on oil tanning some facts are observed as follows.

1) Kinds of fatty acids

Propionic and capric acid make the samples swell in order to collapse.

Lauric acid has not tanning ability.

Myristic and stearic acid have little ability.

Oleic, linoleic and linolenic acid have sure ability, the latter two have remarkably. (Table 1—8)

2) Air drying period for oiled skin

Oiled skins are dried in air to complete oiling and 2—26 days for air drying period are compared. But this experiment does not result in remarkable difference of Ts of the final yield. (Table 9—10)

3) Dip tanning

Skins are expected to be tanned when they are simply dipped in sardine oil at 30°C and in relative moisture about 80%. But skins which contained salts are not tanned in these conditions. (Table 9—10)

4) Polymerized sardine oil

The polymerized oils have abillty of tanning skins (Table 15—18)

5) Tanning methods and their highest Ts

Various tanning methods, noted in these reports, are experimented on the same kind of oil, skin and the same period and circumstances, and the highest Ts of their yields are compared to each.

(Dip tanning, wet heated, 28—35—48°C)

>(Dip tanning, wet heated, 28—35°C)

※ 水産講習所研究業績　第314号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 314.
Received June 23, 1960.

>(Drying in wet air—soaking in warm water, 28—35—48°C)
>(Drying in wet air—soaking in cold water, 28—35—48°C)
>(Drying in wet air 28—35—48°C)
>(Drying in wet air, 28°C)>(Air dry—soaking in cold water)>(Air dry)

前報（その2）に続いて下記項目の検討を行った。

（1）脂　肪　酸　種　別

魚皮等を一定条件下で魚油に接触せしめると，その油皮の Ts は確実に上昇すること，また魚油をその混合脂肪酸に代えても同様であることが前報によって確認された。それで脂肪酸の種別による差異の有無を検討してみた。

実　験　I

方　法：原皮は イヂロ鮫塩干皮および乾燥牛床皮とし，脂肪酸は次の8種で揮発油を以て2倍に稀釈または溶解して供用した。皮と油剤との接触方法は〔湿干-水浸〕法によった。但し湿干温度は初期27°C 以後32°Cとしたが夜間は給熱しなかった。

成　果：propionic and capric acid の両油剤は原皮に充分滲透せしめると原皮は膨脹し，また脆化した。即ち皮質の低分子化が明かに観察されたので以後の実験は行わなかった。

Lauric acid 以上の酸にはこの現象が見られなかったので所定の実験を行い，その成果は第1，2 および3表の通りである。

Table 1.　Fatty acids and their tanning ability for shark skin (27—32°C)

No.	Date. / Tanning F.A.	Ts								
		20—Nov.	26—	30—	4—Dec.	9—	14—	18—	22—	26—	28
1	Lauric acid	51.5	44.5	49.5	49.5	49.5	49.5	48.5	49.5	51.5	50.5
2	Myristic acid	51.5	46.5	49.5	49.5	50.5	50.5	…	…	50.5	52.5
3	Stearic acid	51.5	48.5	50.5	51.5	50.5	50.5	49.5	49.5	50.5	51.5
4	Oleic acid	51.5	40.5	46.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	50.5	51.5
5	Linoleic acid	51.5	46.5	45.5	48.5	50.5	48.5	52.5	52.5	51.5	50.5
6	Linolenic acid	51.5	41.5	45.5	49.5	…	52.5	53.5	54.5	53.5	53.5
*7	Stearic a.+Linolenic a.	51.5	47.5	50.5	50.5	50.5	51.5	…	…	…	…
8	Sardine oil	51.5	40.5	49.5	54.5	52.5	53.5	55.5	54.5	58.5	59.5

Skins—Shark, salted and dried.
Procedure—〔Dring in wet air (27°C—32°C)—Soaking in water〕are repeated, (Heating unapplyed in night).
Fatty acid—Diluted to 3 times in volume by petroleum.
*Two drops of Linslenic a are added to 30cc of stearic a.

考　察：実験成績を見ると Ts の上昇度が対照品イワシ油においても甚だ低くこの点甚だ不調である。これには今後の実験記録に比べてその実験期間の短かかったこと，給熱を昼間のみ行い夜間は行わなかったことの2つが主因と考えられる。このため各箇の実験成果からでなく，3つの実験成果を一括してそれから結論を求める。

Table 2. Fatty acids and their tanning ability for bovine hide

No.	Tanning F.A. \ Date	Ts										
		20—Nov.	26—	30—	4—Dec.	9—	14—	17—	19—	23—	6—Jan.	13—
9	Lauric acid	53.5	52.5	5.25	51.5	52.5	51.5	53.5	51.5	52.5	50.5	50.5
10	Myristic acid	53.5	52.5	53.5	54.5	53.5	52.5	52.5	52.5	52.5	51.5	50.5
11	Stearic acid	53.5	52.5	54.5	53.5	53.5	52.5	52.5	51.5	52.5	50.5	49.5
12	Oleic acid	53.5	54.5	54.5	54.5	53.5	52.5	53.5	52.5	53.5	52.5	52.5
13	Linoleic acid	53.5	54.5	55.5	57.5	57.5	56.5	55.5	56.5	56.5	56.5	55.5
14	Linolenic acid	53.5	56.5	57.5	58.5	58.5	57.5	57.5	56.5	57.5	57.5	56.5
15	Stearic a.+Linolenic a.	53.5	54.5	54.5	55.5	58.5	54.5	53.5	53.5	53.5	53.5	51.5
16	Sardine oil	53.5	59.5	60.5	63.5	62.5	59.5	58.5	58.5	60.5	60.5	60.5

Skins—Inner eayer of bovine hide, slightly limed and dried.
Procedure, fatty acids and are same to above

Table 3. Fatty acids and their tanning abiilty for shark skin (15—20°C)

No.	Tanning F.A. \ Date	Ts							
		10—Nov.	13—	17—	24—	30—	4—Dec.	9—	14—
17	Lauric acid	52.5	49.5	47.5	51.5	51.5	52.5	52.5	51.5
18	Myristic acid	52.5	48.5	47.5	49.5	51.5	52.5	51.5	51.5
19	Stearic acid	52.5	52.5	47.5	51.5	52.5	···	50.5	51.5
20	Oleic acid	52.5	49.5	45.5	49.5	49.5	48.5	48.5	48.5
21	Linoleic acid	52.5	50.5	45.5	50.5	51.5	51.5	52.5	52.5
22	Linolenic acid	52.5	46.5	42.5	50.5	52.5	51.5	53.5	54.5
23	Mixed fatty acids	52.5	49.5	40.5	52.5	53.5	53.5	53.5	53.5
24	Sardine Oil	52.5	49.5	46.5	51.5	52.5	···	···	···

Skins—shark, lalted and dried
Treated in room tempreture

3つの実験成果から原皮の Ts を越えた温度数（上昇度）および越えた回数を脂肪酸種別にまとめて第4表を得た。

Table 4. Summary (Table 1,2 and 3)

Tanning F.A.	Table 1		Table 2		Table 3	
	Over the original Ts(°C)	Frequency	Over the original Ts(°C)	Frequency	Over the original Ts(°C)	Frequency
Propionic a.	Collapsed	···	···		···	
Capric a.	Collapsed	···	···		···	
Lauric a.	0	0	0	0	0	0
Myristic a.	1	1	1	1		
Stearic a.	0	0	1	1	0	0
Oleic a.	0	0	1	3	0	0
Linoleic a.	1	2	4	9		
Linolenic a.	2	5	5	10	2	2
Sardine oil	8	7	7	10	0	0

第4表を見ると次のように考えられる。Lauric acid はその油皮の最高 Ts が原皮のそれ以上に達した例がないので Ts を上昇せしめる（鞣化）能力がない。Myristic acid は上昇度 1°C，頻度2回であって，これらい数値は僅かであり，また実験誤差を 1°C と考えるとそい上昇能力は不明となる。Stearic acid も略同様である。Oleic acid は上昇度 1°C頻度3回であるから前二者よりは上昇能力があるように見える。Linoleic, Liuoleuic acid の2つは明かにその上昇能力を認め得る。

実　験　Ⅱ

Stearic, Oleic acid の Ts 上昇能力を検討するために次の実験を行った。

1）方　法：原皮はメヂロ鮫塩干皮，脂肪酸は Stearic acid 以上の4種，接触方法は〔湿干一水浸〕法，昼夜給熱して湿干室の温度を 32°C とした。

Table 5.　Effect of air-dry (main fatty acids)

No.	Date / Tanning F. A.	Ts								
		8–Dec.	9—	11—	14—	17—	22—	26—	28—	1—Jan.
25	Stearic a.	51.5	49.5	…	51.5	50.5	50.5	49.5	49.5	50.5
26	Oleic a.	51.5	48.5	55.5	49.5	50.5	49.5	47.5	47.5	47.5
27	Linoleic a.	51.5	50.5	56.5	51.5	49.5	50.5	52.5	53.5	54.5
28	Linolenic a.	51.5	45.5	49.5	47.5	49.5	52.5	55.5	53.5	56.5
29	Sardine oil	51.5	51.5	55.5	53.5	56.5	56.5	54.5	55.5	56.5

Skins—shark, salted and dried.
Procedure—〔Drying in wet air(20～32°C)—Soaking in water〕are repeated. Heating applyed day and night.
Fatty acids.—Diluted to 3 times in volume by Petroleum.

成　果：第5表の通り。

2）方　法：原皮と油剤とは同上。接触条件は〔湿干一水浸〕法と〔風干一水浸〕法とを用いた。

Table 6.　Effects of Air-dry and Drying in wet air (Main Fatty Acids)

No.	Tanning F. A.	Procedure	19 Dec.	22	24	26	28	5 Jan.	7	9	13	19	21	26	30	5 Feb.
			Ts													
30	Mixed F. A.	Drying in wet air –Soaking in water	44.5	48.5	48.5	50.5	51.5	52.5	54.5	56.5	55.5	57.5	57.5	58.5	58.5	57.5
		Drying in air –Soaking in water	42.5	46.5	47.5	49.5	50.5	51.5	51.5	52.5	52.5	55.5	56.5	57.5	58.5	…
31	Stearica	Drying in wet air –Soaking in water	45.5	47.5	47.5	47.5	48.5	50.5	50.5	50.5	47.5	49.5	50.5	…	…	…
		Drying in air –Soaking in water	44.5	45.5	45.5	46.5	46.5	52.5	50.5	49.5	48.5	49.5	49.5	…	…	…
32	Oleica	Drying in wet air –Soaking in water	47.5	48.5	47.5	49.5	50.5	50.5	51.5	51.5	52.5	53.5	54.5	55.5	56.2	54.5
		Drying in air –Soaking in water	42.5	45.5	46.5	48.5	49.5	49.5	51.5	51.5	49.5	50.5	51.5	51.5	53.5	51.5
33	Linolenic a.	Drying in wet air –Soaking in water	50.5	49.5	48.5	50	50.5	51.5	51.5	51.5	52.5	53.5	55.5	56.5	58.5	58.5
		Drying in air –Soaking in water	44	47.5	48.5	46.5	49.5	50.5	50.5	50.5	52.5	52.5	53.5	54.5	54.5	54.5

Note 1. Samples are dried as follows:
19—Dec.～28—Dec……at 22°C
29—Dec.～4—Jan.……at room temp.
5—Jan～9—Jan……at 22°C
10—Jan.～5—Feb……at 32°C

Note 2. From the 21st—Jan. to the last day all samples are treated by the method, 〔Drying in wet air at 32°C–Soaking in water〕.

成　果：第6表の通り。

Table 7. [Drying in wet air]–[Soaking in water] (Main Fatty Acids)

No.	Tanning F.A.	Process and Ts																									
		6—7—Nov.	8—		9—	10—		11—	12—	13—																	
34	Stearic a.	[Fatting–Drying in air] are repeated 3 times a day.	Drying in wet air at 22°C–Fatting –Drying in air–Desalting in running water	Ts=49.5	–Desalting in running water– –Air dry–Dry in wet air at 32°C	–Dry in wet air at 32°C–Fatting– sun dry–Soaking in water	Ts=49.5	–Soaking in water –Drying in wet air at 32°C	–Drying in wet air at 32°C –Soaking in water	–Soaking in water– rying in wet air(32C°)	Ts=51.5															
35	Oleic a.			Ts=48.5			Ts=55.5				Ts=49.5															
36	Linoleic a.			Ts=50.5			Ts=56.5				Ts=51.5															
37	Linolenic a.			Ts=45.5			Ts=49.5				Ts=47.5															
38	Sardine oil			Ts=51.5			Ts=55.5				Ts=53.5															

Process and Ts																											
14—	15—	16		17—, 18 19—,	20	21		22, 23, 24—	25—	26																	
–Drying in wet air(32°C)	–Drying in wet ar(32°C) –Fatting–sun dry –Drying in wet air(32°C)	–Dryiing in wet air(32°C) –Soaking in water	Ts=50.5	–Drying in wet air(32°C)	–Drying in wet air–Soaking in water	–Soaking in water–Dry in wet air(32°C)	Ts=50.5	Drying in wet air(32°C)	–Drying in wet air–Soaking in water	–Soaking in water–Drying in wet air(32°C)	Ts=49.5															
			Ts=50.5				Ts=49.5				Ts=47.5															
			Ts=49.5				Ts=50.5				Ts=52.5															
			Ts=49.5				Ts=52.5				Ts=55.5															
			Ts=56.5				Ts=56.5				Ts=54.5															

27—	28	29 Nov, ~ 3 Jan.	4 Jan.	5 Jan.
–Drying in wet air(32°C) –Soaking in water	–Soaking in water –Drying in wet air(32°C)	Drying in air	Drying in air–Drying in wet air(32°C) –Soaking in water	–Soaking in water
	Ts=49.5			Ts=50.5
	Ts=47.5			Ts=47.5
	Ts=53.5			Ts=54.5
	Ts=55.5			Ts=56.5
	Ts=55.5			Ts=56.5

Skin…Shark, salted and dried

3）方　法：原皮と油剤とは同上。接触条件は〔風干或は日干一湿干一水浸〕を反復する法によった。湿干と水浸処理によって油剤特に Stearic acid の離脱が多かったのでそれを少なからしめるために風干処理を行った。

成　果：第7表の通り

考　察：第 5, 6 および7表の3つより脂肪酸種別および接触条件別にその到達した最高 Ts をとりまとめると第8表となる。

Table 8.　Summary (Table 5,6 and 7)

Fatty acid	Procedure	Ts(Highest)	Frequency	Table
Stearic a.	Drying in warm wet air–Soaking	51.5	1	5
	〃	50.5	4	6
	〃	51.5	1	7
	Drying in air–Soaking	52.5	1	6
Oleic a.	Drying in warm wet air–Soaking	55.5	1	5
	〃	56.5	1	6
	〃	55.5	1	7
	Drying in air–Soaking	53.5	1	6
Linoleic a.	Drying in warm wet air–Soaking	56.5	1	5
	〃	56.5	1	7
	〃	…	…	…
	Drying in air–Soaking	…	…	…
Linolenic a.	Drying in warm wet air–Soaking	56.5	3	5
	〃	58.5	2	6
	〃	56.5	3	7
	Drying in air–Soaking	54.5	2	6

第8表により各酸の脂肪酸を見ると，Stearic acid は 31 回の測定において上昇度 1°C 頻度1回に過ぎない。この鞣化能力は疑わしい。Oleic acid は上昇度2°C その頻度 1，上昇度4°C その頻度2回，上昇度5°C その頻度1回を示しているので，その鞣化能力のあることは明かに立証されている。　Linoleic, Linoleuic acid は Oleic acid より上昇度高くまたその頻度が多い。従ってより強力な能力を有するものと認められる。

これらの表から接触条件別に見ると〔風干一水浸〕法と〔湿干一水浸〕法とを比較すると相反する事例が見られる。即ち Stearic acid の場合のみは〔風干一水浸〕法の最高 Ts が高く，Oleic, Linoleic Linolenic acid およびイワシ油の場合は皆〔湿干一水浸〕法の最高 Ts が高く〔風干一水浸〕法のものが低い。

実験作業の実際を観察して明らかなる如く Stearic acid 皮は風干と水浸とに拘らず他の油剤と比べて多量の油剤が離脱した。また風干と湿干とを比べると前者の方が離脱油量が僅少であった。このことが〔風干一水浸〕法が Stearic acid の場合高 Ts を示す一因をなすものとも考えられる。

また Ts の移動を曲線的に見ると Stearic, oleic acid 油皮の Ts の最高は比較的初期に現われ Linoleic および Lintlenic acid イワシ油の場合にはそれらより遅れて現われている。

考察の綜合脂肪酸種別による Ts 上昇能力を再び考察すると次のようになる。

① propionic および capric acid は皮質を低分子化する。

② Lauric acid には上昇能力がない。③ Stearic acid の上昇力は疑わしい。④ Oleic, Liuoleic および Liuilenic acid の上昇能力は明かに認められ特に後二者は顕著である。

(2) 風　　干

油鞣作業においては生皮或は半乾皮に加油することが一般に行われているようである。その油揉み皮が乾燥するに従って付着油の皮内部への滲透が盛んとなる。油皮の風干はこの意味において行われる。この理論からすれば，或る程度までは風干日数の多い程皮が吸収する油剤の量は多くなる筈である。この反面低温乾燥状態で皮と油剤とを接触せしめて置くと，その皮の Ts は低下することが確認されている。この2つの関係から適当な風干日数というものがあるように想像された。それで次の実験を行った。

実験方法：原皮は牛床乾皮，油剤はイワシ油の混合脂肪酸を揮発油を以て 1.5 倍に稀釈して使用した。この油揉皮の風干（室内放置）日数を変（2日～27日）えて製品を作った。接触条件は〔湿干—水浸〕法によった。そしてそれらの油皮の Ts を経日的に測定してその移動を観察した。

成　果：第9表の通り。

考　察：各試料の到達した最高 Ts を風干日数別に表示すると第10表となる。

Table 10.　Summary (Table 9)

No.	Days, spent in air dry	Ts (Highest)	Date (Highest Ts)	Days, (From 1st soaking)
39	2	65.5	5—Nov.	14
40	7	66.5	5—Nov.	6
41	10	67.5	5—Jan.	63
42	12	65.5	24—Nov.	19
43	15	67.5	5—Jan.	56
44	19	66.5	5—Jan.	50
45	26	65.5	5—Jan.	42
46	2	69.5	5—Nov.	

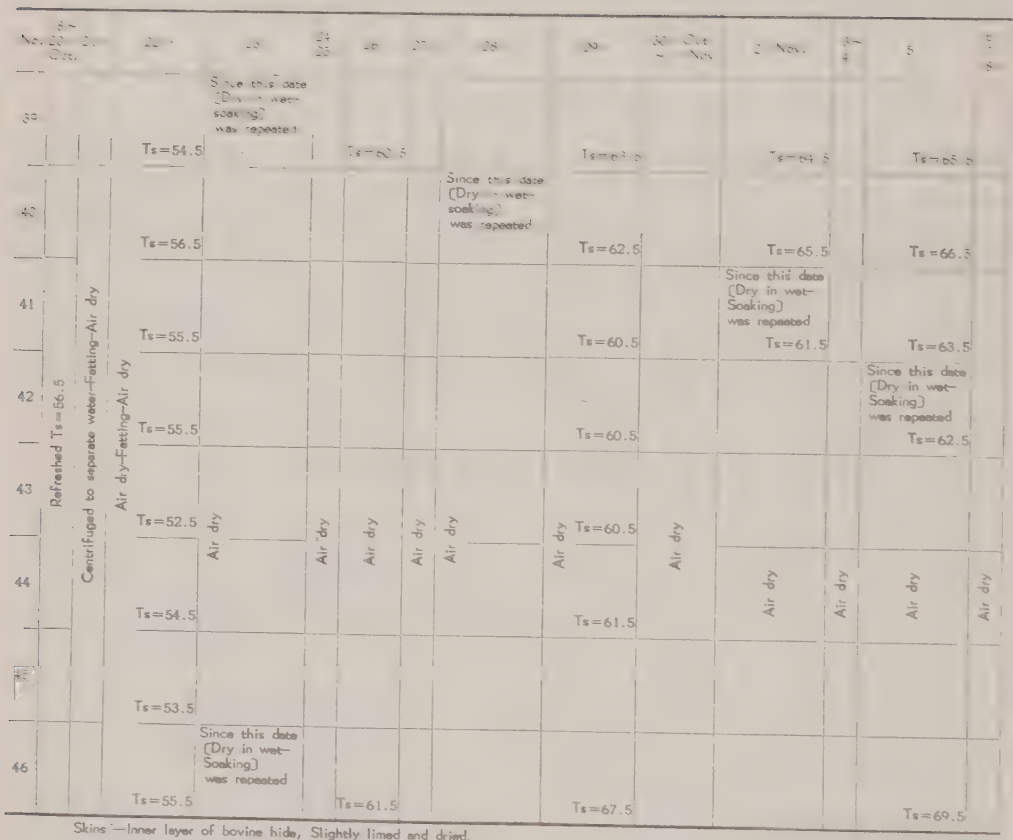
第10表によると風干日数は2日～27日の如く大きな差があるにかかわらず，それらの油皮の最高 Ts の差は 65°C～67°C 即ち僅か 2°C である。この結果は脂肪酸油皮は相当長い日数を風干してもその製品の Ts は余り変らぬことを示し意外の感を受ける。

尚詳細に見ると No. 42 の数値は異常のようである。この供試皮は相当量のニベを含んでいたのでこの結果を招いたのかも知れない。仮りに No. 42 の数値を除外して見ると，或る程度（風干日数10日）迄増すと油皮の Ts は上昇に向い，更に増す（風干日数19日）と下降に傾いている。

(3) 給 湿 熱 漬 鞣

先に（油鞣法の検討その1）牛床皮を夏期サンマ油中に浸漬するのみで，その油皮の Ts が著しく上昇したことを報告した。また，かような鞣化は冬期の自然環境下では起らないことをその2において記述した。本実験においては夏季の自然環境に近い温度と湿度とを湿干函中に作り，その中でこのような鞣化が起るか否かを検討して見た。

Table 9. Effect of air-drying days of fatted skin.


Refreshed Ts=56.5
Centrifuged to separate water—Fatting—Air dry
Air dry—Fatting—Air dry
Since this date (Dry in wet-soaking) was repeated
Since this date (Dry in wet-Soaking) was repeated
Since this date (Dry in wet-Soaking) was repeated
Since this date (Dry in wet-Soaking) was repeated
Since this date (Dry in wet-Soaking) was repeated
Air dry
Ts=54.5
Ts=56.5
Ts=55.5
Ts=55.5
Ts=52.5
Ts=54.5
Ts=53.5
Ts=55.5
Ts=60.5
Ts=62.5
Ts=65.5
Ts=66.5
Ts=60.5
Ts=61.5
Ts=63.5
Ts=62.5
Ts=60.5
Ts=61.5
Ts=67.5
Ts=69.5
Nov.
Oct.
Oct.
Nov.
Nov.
Nov

9—	10～16—	17—	18～23—	24—	1—Dec.	5—Dec.	9—Dec.	14—	18—	23—	5—Jan.	13—	20—
Ts=65.5		Ts=63.5		Ts=63.5	Ts=63.5	Ts=62.5	Ts=65.5	Ts=63.5	Ts=63.5	=63.5	=63.5	=63.5	=62.5
Ts=65.5		Ts=63.5		Ts=66.5	Ts=66.5	Ts=66.5	Ts=66.5	Ts=66.5	Ts=64.5	=65.5	=65.5	=66.5	=66.5
Ts=64.5		Ts=63.5		Ts=65.2	Ts=59.5	Ts=60.5	Ts=60.5	Ts=64.5	Ts=65.5	=66.5	=67.5	=66.5	=65.5
Ts=64.5		Ts=64.5		Ts=65.5	Tt=65.5	Ts=64.5	Ts=63.5	Ts=63.5	Ts=63.5	=63.5	=64.5	=64.5	=63.5
Since this date [Dry in wet-Soaking] was repeated Ts=62.5		Ts=65.5		Ts=65.5	Ts=65.5	Ts=66.5	Ts=65.5	Ts=66.5	Ts=66.5	=66.5	=67.5	=67.5	=66.5
	Air dry	Since this date [Dry in wet-Soaking] was repeated Ts=60.5		Ts=61.5	Ts=63.5	Ts=65.5	Ts=63.5	Ts=64.5	Ts=63.5	=64.5	=66.5	=64.5	=63.5
		Air dry	Air dry	Since this date [Dry in wet-Soaking] was repeated Ts=61.5	Ts=65.5	Ts=64.5	Ts=63.5	Ts=63.5	Ts=64.5	=63.5	=65.5	=64.5	=64.5
Ts=68.5		Ts=68.5			Ts=66.5	Ts=69.5	Ts=68.5	Ts=67.5	Ts=68.5	=67.5	=69.5	=68.5	=68.5

Table 12. Highest Ts for various tanning procedure.

No.	Procedure	Ts (Highest)	Oil
47	[Drying in wet air -Soakiug in water]	59.5	Sardine oil
48	[Dip tanning] + [Soaking in water]	57.5	Mixed Fatty acids from Sardine oil
49	〃	62.5	〃
50	[Dip tanning]	61.5	〃

濃鞣法において含塩皮と脱塩皮との比較を行い，また給熱温度を適当に高めることの可否を予備的に検討してみた。

方　法：原皮はメヂロ鮫塩干皮。油剤はイワシ油とし，接触方法は①油浸。②油浸を全工程とこれに水浸工程を加えるおよび③流水脱塩工程を省いた油浸法の３種とした。（給湿熱は同上）

Table 11. Dip Tanning.

No.	6—Jan.	7—	8—	9— 10—	11—	12—	13—	14 15—	16—	17—	18—	19
47		Drying in wet air	Drying in wet air Ts=50.5 –Oiling	Drying in wet air –Oiling –Drying in wet air	〃	Drying in wet air –Soaking in water Ts=50.5 –Drying in wet air.	Drying in wet air	〃	Drying in wet air –Soaking in water –Drying in wet air	Drying in wet air.	Drying in wet air. –Soaking in water Ts=48.5	Drying in wet air
48	Wetting in saw dust.	Set in wet air, dipping in oil	Set in wet air Ts=44.5 –Desalting in running water	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in at Ts=50.5	Set in wet air, dipping in oil. Ts=45.5	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil. Ts=47.5	Set in wet air, dipping in oil.
49			Set in wet air, dipping in oil.		Set in wet air, dipping in oil. Ts=48.5 –Desalting runnining water	Ts=50.5					Ts=49.5	
50					Set in wet air, dipping in oil. Ts=46.5	Ts=45.5					Ts=42.5	

Skin — Shark, salted and dried.
Oil — Sardine oil for No. 47, its mixed fatty acids for others
Procedure — For No. 47 (Drying in wet air (35°C)–Soaking in water), for others (Dip tanning) method is applyed.
Conditions — All the tanning is treated in wet air (relative mositur 80%) at 35°C.

Table 13. (Dip Tanning) + (Soaking in water).

No	29—Jan —2-Feb.	3 4-Feb.	5—	6 7—	8—	9—	10—	11—	12—	13 14—	15—	16—	17—	18—
51			Ts=45.5		Ts=43.5		Ts=45.5		Ts=51.5		Ts=51.5		Dipping in oil, set in wet air	Ts=53.5
52			Ts=46.5		Ts=43.5		Ts=47.5		Ts=50.5		Ts=54.5		Ts=55.5	
53	Rubbing in petroleum	Dipping in Sardine oil, set in wet air.	Dipping in oil, set in wet air Ts=45.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=45.5	Dipping in oil, set in wet air	Soaking in water –Air dry–Dipping in oil, set in wet air Ts=48.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=50.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=50.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=56.5	Dipping in oil, set in wet air
54			Ts=47.5		Ts=42.5		Ts=45.5		Ts=49.5		Ts=49.5		Ts=53.5	
55			Ts=45.5		Ts=42.5		Ts=44.5		Ts=46.5		Ts=46.5		Soaking in water–Dry in wet air	Soaking in water (1) Ts=54.5
56			Ts=46.5		Ts=43.5		Dipping in oil, set in wet air Ts=45.5		Ts=44.5		Ts=44.5			Drying in wet air

Skin — Shark, salted and dried
Procedure — No. 51—Dip tanning No. 52, 53, 54, 55—(Dip taninng) + (Soaking in water)
Oil — Sardine oil

20—	21—	22 23 24—	25—	26 27 28 29—	30—	31—	1—Feb.	2—	3 4 5—	6—Feb.
Drying in wet air. –Soaking Ts=48.5 –Drying in wet air.	Drying in wet air –Oiling –Drying in wet air	Drying in wet air	Drying in wet air –Soking Ts=58.5 –Drying in wet air	Drying in wet air	Drying in wet air –Soaking Ts=57.5 –Drying in wet air	Drying in wet air	Drying in wet air –Soaking Ts=58.5 –Drying in wet air	Drying in wet air	Drying in wet air –Soaking –Drying in wet air	〃 Ts=57.5 〃
Set in wet air, dipping in oil. Ts=48.5 Ts=48.5 Ts=48.5	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil –Soaking in water Ts=52.5 Ts=56.5 Set in wet air, dipping in oil Ts=56.5	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dippingin oil. –Soaking Ts=56.5 –Set in wet air dipping in oil Ts=60.5 Ts=58.5	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil. Ts=57.5 Ts=62.5 Ts=60.5	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil.	Set in wet air, dipping in oil. Ts=57.5 Ts=61.5 Ts=61.5

19—	20 21—	22—	23—	24—	25〜 28—	29—Feb.	1— Mar.	2—	3— 4—	5— 6—	7—	8〜 14—	15—
	Dipping in oil, set in wet air		Ts=56.5	Dipping in oil, set in wet air		Ts=60.5		Ts=62.5	Ts=59.5		Ts=57.5		Ts=60.5
Dipping in oil, set in wet air	Soaking in water –Dipping in oil, set in wet air Ts=57.5 Ts=57.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=57.5 Ts=58.5 Ts=60.5	Ts=60.5 Soaking in water Ts=59.5	Dipping in oil, set in wet air	Ts=59.5 Dipping in oil, set in wet air Ts=64.5 Ts=60.5	Dipping in oil, set in wet air	Ts=61.5 Dipping in oil, set in wet air Ts=64.5 Ts=63.5	Ts=60.5 Dipping in oil, set in wet air Ts=63.5 Ts=63.5	Drying in wet air (55°C)	Ts=58.5 Drying in wet air–Soaking in water Ts=65.5 Ts=64.5	Dipping in oil, set in wet air (55°C)	Ts=61.5 Ts=63.5 Ts=64.5
		Soaking in water (2) Ts=51.5	Ts=53.5	Ts=55.5	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=… Drying in wet air Ts=…	Dipping in oil, set in wet air	Dipping in oil, set in wet air Ts=… …	Dipping in oil, set in wet air Ts=63.5 …		Drying in wet air–Soaking in water Ts=61.5 ..		Ts=63.5 .
Drying in wet air	Drying in wet air	Drying in wet air Ts=47.5	Drying in wet air Ts=49.5	Drying in wet air Ts=49.5	Drying in wet air		…	…	…	..		.	.

但し③法の試料はその Ts の上昇が極めて遅かったので途中より湿干法に切換えたが遂にその上昇は見られなかった。

また3月5日以後は55°C 湿干法に代えた。

成　果：各試料の Ts の移動を測定した結果は第13表の通り。

考　察：第13表より接触方法別にその最高 Ts を表示すると第14表となる。本表中特に顕著なものは

Table 14. Summary from Table 13.

No	Procedure	Date, (Soaking)	Ts (Highest)	Refferences
51	Desalting–Dipp tanning	…	62.5	The highest Ts are picked up out of the values which are noted from the begining till 4—Mar.
52	Desalting–〔Dipp tanning + Soaking(2)〕	17—Feb, 20～21—Feb	61.5	
53	〃	〃	63.5	
54	Desalting–〔Dipp tanning + Soaking(3)〕	18—Feb, 20～21—Feb, 24—Feb	63.5	
55	〃	18—Feb, 32—Feb, 24—Feb	63.5	
56	Dip Tanning–Drying in wet air	…	49.5	

No.56 即ち脱塩なしの油浸法である。この試料の Ts は49.5°C に止り他のものは60°C を越えている。同表の2月17日および18日の欄を比較してみてもこの試料は46.5°C に至っているに過ぎないが，他の試料は53°C 以上に上っている。

この原因は支綱織中に含有された塩分が吸湿して支綱織内の塩液を生じ綿糸の浸透を害したためとその変化を妨害したことによるものと想像される。

油浸単独または水浸を併用する方法との差は実験Ⅰと略同様でない。単独法の Ts は62.5°C 水浸2回併用法のは 61.5°C と 63.5°C の2つあり3回のものは63.5°C となっている。何れも大体近似した値である。この油浸法が水浸と効果上の差には今より精細な実験を数多くして後に論ずべきことのようである。

上記の比較を終了した後（5月3日以降）全試料を55°C 湿干一水浸法で処理したところその結果 Ts の上昇はその程度は一様でないが大体認められ，重油処理することによってより高い Ts を得る希望を持てるようになった。

（4）重　合　油

第1報において重油の硫重合するものは記入当初程良い処理度の Ts を上昇しうる実験例を記した。然るに実験の進むにつれ重油に混合する硫黄華を代るに触媒を以てしたその処理度の Ts を上昇せしめうることを第2報において確認した。この観点から今一度重合油の変化力を検討してみた。

実　験　Ⅰ

有機・無機などの触媒を以て調製した試験重合（240°C 4h 処理），同 Al_2O_3 粉末処理および対象としての高粘度の重合油との計各3種の重合油による羊毛の重油脂肪を用いてその精煉を低下せしめ接触条件は漬糅法と〔湿干—水浸〕法とを施行した。

この作業中湿干函の天井等より凝縮水滴が油剤中に落下し，為に皮と油剤との接触が阻害されるに至り日々排出に努めたが結果的に見ればその効力はなかった。

成　果：第15表の通り。

Table 15. Polymerized oils (for shark skin).

No.	Tanning oil	18—Feb	19—Feb	20～24—	25—	26—	27—28—	29—	1～4 Mar	5—	6—	7—	9～13—	14—
	Sardine oil	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping
57			Ts=50.5		Ts=49.5	Ts=51.5		Ts=52.5		Ts=52.5		Ts=54.5		
	Sardine oil polymerized	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
58			Ts=49.5		Ts=45.5	Ts=45.5		Ts=43.5		Ts=43.5		Ts=47.5		
	Sardine oil polymerized and treated with Al_2O_3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
59			Ts=49.5		Ts=44.5	Ts=44.5		Ts=46.5		Ts=47.5		Ts=49.5		
	Sardine oil polymerized and treated with Al_2O_3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	Drying	Drying	Drying	Drying	Drying	Soaking—Drying
60			Ts=50.5		Ts=43.5	Ts=43.5		Ts=43.5		Ts=50.5		Ts=48.5		

Skin — Shark, salted and dried.
Dipping — Skin is dipped in oil which is set in wet warm(35°C)air.
Soaking — Soaked in water.
Drying — Drying in wet warm(35°C)air.
Polymerized oil — Heated sardine oil to 240°C for 4h.

15—	16—17—	18—	19 20—	21—	22—	23 24—	25—	26—	27～29—	30—	31—Mar	1～7—Apr.	8—Apr.
Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Dipping	Drying	Drying	Drying	Drying	Drying	
Ts=55.5					Ts=54.5			Ts=56.5			Ts=56.5		Ts=…
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
Ts=46.5					Ts=46.5			Ts=48.5			Ts=51.5		Ts=53.5
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
Ts=47.5					Ts=50.5			Ts=50.5			Ts=51.5		Ts=53.5
Drying	Drying	Soaking	Drying	Soaking	Drying	Drying	Soaking	〃	〃	Soaking	〃	〃	
Ts=53.5					Ts=54.5			Ts=56.5			Ts=56.5		Ts=57.5

実　験　Ⅱ

方　法：原皮は同前。油剤はイワシ油，その熱重合油，同 Al_2O_3 粉末処理およびイワシ油水蒸気吹込油を用いた。接触条件は同前。滴水の被害も同前。

成　果：第17表の通り。

Table 17. Polymerized oils (for bovine hide)

No.	Oil	procedure	Original Ts 23—Feb	28—	29—	4— Mar.	7—	15—	21—	25—	30
61	Sardine oil	Dip tanning	50.5	44.5	45.5	47.5	47.5	47.5	49.5	49.5	48.5
62	Polymerized sardine oil, treated with Al_2O_3	Drying in wet air —Soaking in water	51.5	49.5	43.5	44.5	45.5	50.5	54.5	52.5	55.5
63	〃	Dip tanning	50.5	48.5	44.5	43.5	44.5	49.5	48.5	50.5	51.5
64	Polymerized Sardine oil	〃	51.5	47.5	41.5	42.5	44.5	45.5	46.5	45.5	48.5
65	polymerized Sardine oil, blown by steam	〃	51.5	51.5	49.5	46.5	46.5	49.5	46.5	47.5	51.5
66		Drying in wet air —Soaking in water	50.5	49.5	48.5	47.5	48.5	55.5	56.5	61.5	59.5

Skin — Inner layer of bovine hide, slightly limed and dried.

考　察：第15表より油剤別の最高 Ts をまとめたものが第16表である。

Table 16. Summary from table 15.

No.	Oil	Procedure	Ts (Highest)	Procedure	Ts (Highest)
57	Sardine oil	Dip tanning	55.5		56.5
58	Polymerized sardine oil	〃	47.5	〔Drying in wet air —Soaking in water〕	53.5
59	Polymerized sardine oil treated with Al_2O_3	〃	50.5		53.5
60		〔Drying in wet air—Soaking in water〕	54.5		57.5

第16と17表によると重合油漬鞣法の Ts 上昇は見られない。〔湿干—水浸〕法は両表中に共にその僅かな上昇が見られる。

この事実は重合油も鞣化力を有することを示すものであろう。滴水の直接被害は漬鞣法に甚しく〔湿干—水浸〕法には少なかったことの差がこの結果を招いたものであると考えられる。

実　験　Ⅲ

方　法：原皮は同前。油剤はイワシ油，同熱重合油，同重合油の湯洗，同重合油の Al_2O_3 粉末処理の5種。接触法は漬鞣法のみ。但し湿干室の温度は初期 32°C 後期は 48°C をした。

また水滴の落入を予防するためその容器の直上 10cm の処に硝子板を斜立せしめ，しかしこの装置にかか

わらず4月10日以後には水滴が油剤中に多少認められた。

成　果：第18表の通り。

Table 18. Polymerized oils.

No.	Oil	16 Mar.	17～22	23—	24—	25～29—	29～31— Mar.	1— Apr.	2～4—	5—	6～8—	9—	10～13—	14—	15～19—	20—Apr.
67	Sardine oil				Ts=39.5			Ts=51.5		Ts=59.5		Ts=62.5		Ts=63.5		Ts=65.5
68	Polymerized sardine oil	Moistened in saw dust, –Rubbed in oil	Rubbed in oil	Desalted in running water	Air dry–Dipping in oil at room temp Ts=42.5	Dipping in oil at room temp	Dipping in oil set in wet(32°C)air	Dipping in oil, set in wet(32°C)air Ts=50.5	Dipping in oil, set in wet(32°C)air	Dipping in oil, set in wet(32°C)air Ts=54.5	Dipping in oil, set in wet(48°C)air	Dipping in oil, set in wet(48°C)air Ts=90.5	Dipping in oil, set in wet(48°C)air	Dipping in oil, set in wet(48°C)air Ts=60.5	Dipping in oil, set in wet(48°C)air	Dipping in oil, set in wet(48°C)air Ts=62.5
69	Polymerized Sardine oil, water washed				Ts=40.5			Ts=54.5		Ts=57.5		Ts=61.5		Ts=···		Ts=61.5
70	Polymerized sardine oil, treated with Al_2O_3				Ts=39.5			Ts=51.5		Ts=56.5		Ts=61.5		Ts=61.5		Ts=63.5
71	Sardine oil, steam blown				Ts=39.5			Ts=50.5		Ts=53.5		Ts=57.5		Ts=63.5		Ts=···

Skin –Shark, salted and dried

考　察：この成果を見ると重合油およびその処理油の油皮の到達した最高 Ts は 61.5°C 乃至 63.5°C であって大体似ている。大体原皮のそれを 10°C 以上上昇せしめている。この事実から更に具体的に且つ明確に熱重合油も鞣化力を有することが立証されたものと信ずる。

前述の如くこの実験の終期には油剤中に滴水の混入があったので本成果から各重合油処理別の鞣化能力の程度を判定することは妥当でなかろう。

(5) 昇　温　綜　合

前記の各実験はそれぞれの目的によって行われたためにその実験成果を直ちに比較してその長短を判定することは出来ない。それで既述の接触方法を同一の時期および油剤同一種の原皮を以て即ちなるべく同一条件下にあらしめて再実験を行い各接触法の特質を再確認しようとしてこの実験を行った。

実験方法：原皮はメヂロ鮫塩干皮，油剤はイワシ油とした。

接触方法は漬鞣（28°C→38°C→48°C）法，漬鞣（28°C→38°C）法，〔湿干—水浸〕（28°C→38°C→48°C）法，同（28°C→38°C）法湿干（28°C→38°C→8°C）法，同（28°C→38°C）法，〔風干—水浸〕法および風干法とした。

上述の如く給熱の温度は油皮の耐熱度の進むにつれて上昇せしめた，が湿干函の構造が 48°C 以上を保持することが困難であったので，それ以上の検討は出来なかった。

成　果：第19表の通り。

本表から接触条件別にその到達した最高 Ts を表示すると第20表となる。

第20表によれば接触法別最高 Ts の序列は明かである。そしてその最高と最低との差は 23°C となっている。その最高は原皮のそれより約20°C 上昇している。

次にこれらの差異に規制する因子を若干考察して見る。

1）温　度—No. 72 と No. 73 は共に漬鞣法でその処理温度を 28°C—38°C→48°C と三段階に劃温上昇

Table 19. Resultant Ts from various tanning procedures and temperature.

No.	Procedure	7—Her.	8—	9—	10—	11—	12 13—	14—	15—	16—	17—	18—	19—	20—	21—	22—	23—	24— 27—
72	Dip tanning at 28—38—48°C	Oiled skins are dryed in wet air at 28°C	Ts=39.5	Dip(28°C)	〃	〃 Ts=51.5	〃	〃	〃 Ts=53.5	〃	〃	〃	Dip (35°C) Ts=55.5	〃	〃	〃	〃 Ts=60.5	〃
73	Dip tanning at 28—38—48°C		Ts=39.5	Dip(28°C)	〃	〃 Ts=49.5	〃	〃	〃 Ts=51.5	〃	〃	〃	Dip (35°C) Ts=54.5	〃	〃	〃	〃 Ts=59.5	〃
74	Drying in wet air at 28°C	Oiled skins are soaked in running water to remove salts which are contained in them.	Ts=38.5	Dry in wet (28°C)	Dry··· -Oil·· -Dry···	Dry··· Ts=48.5	Dry··· -Oil··· -Dry···	〃	Dry··· Ts=50.5	〃	〃	〃	Dry··(35°C) -Oil·· -Dry··· Ts=51.5	Dry··(35°C)	〃	〃	〃 Ts=53.5	〃
75	Drying in wet air at 28—38—48°C		Ts=38.5	Dry in wet (28°C)	Dry··· -Oil··· -Dry···	Dry··· Ts=46.5	Dry··· -Oil··· -Dry···	〃	Dry··· Ts=52.5	〃	〃	〃	Dry··(28°C) -Oil·· -Dry··· Ts=52.5	Dry··(28°C)	〃	〃	〃 Ts=57.5	〃
76	Air dry		Ts=37.5	Air dry	Air dry Oil··· -Air dry	Air day Ts=45.5	Air dry -Oil··· -Air dry	〃	Air dry Ts=48.5	〃	〃	〃	Air dry -Oil··· -Air day Ts=46.5	Air dry	〃	〃	〃 Ts=47.5	〃
77	Drying in wet air-Soaking in water at 28—38—48		Ts=38.5	Dry in wet (28°C)	Dry··· -Oil··· -Dry···	Dry··· -Soak··· -Dry Ts=45.5	Dry··· -Oil··· -Dry···	Oil··· -Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry··· Ts=52.5	Dry···	Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry··· Ts=55.5	Dry··(35°C) -Oil··· -Dry···	Dry··(35°C)	Soak· -Dry··· -Soak	Soak -Dry Ts=57.5	Dry··(38°C)	〃
78	Drying in wet air at 28—38—48 -Soaking in told water		Ts=38.5	Dry in wet (28°C)	Dry··· -Oil··· -Dry···	Dry··· -Soak··· -Dry··· Ts=47.5	Dry··· -Oil··· -Dry···	Oil··· -Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry··· Ts=50.5	Dry···	Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry Ts=52.5	Dry··(35°C) -Oil··· -Dry···	Dry··(35°C)	Dry··· -Soak	Soak··· -Dry··· Ts=55.5	Dry··(38°C)	〃
79	Drying in wet air -Soaking in water at 28—38—48°C		Ts=39.5	Dry in wet (28°C)	Dry··· -Oil··· -Dry···	Dry··· -Soak··· -Dry··· Ts=46.5	Dry··· -Oil··· -Dry···	Oil··· -Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry··· Ts=49.5	Dry···	Dry··· -Soak···	Soak··· -Dry··· Ts=54.5	Dry··(35°C) -Oil··· -Dry···	Dry··(35°C)	Dry··· -Soak	Soak··· -Dry Ts=55.5	Dry··(38°C)	〃
80	Air dry -Soaking in cold water		Ts=38.5	Air dry	Air dry -Oil··· -Air dry	Air day -Soak -Air dry Ts=44.5	Air dry -Oil··· -Air dry	Oil··· -Air dry -Soak	Soak··· -Air dry Ts=45.1	Dry··· Air dry	Air dry -Soak···	Soak··· -Air day Ts=52.5	Air dry -Oil··· -Air day	Air dry	Air-dry -Soak	Soak··· -Air dry Ts=51.5	Air dry	〃
81	Dip tanning at 28°C		Ts=38.5	Dip(28°C)	〃	〃 Ts=50.5	〃	〃	〃 Ts=53.5	〃	〃	〃	Dip(28°C) Ts=55.5	〃	〃	〃	〃 Ts=56.5	〃

Skin — Shark, salted and dryed
Oil — Sardine oil
Dip=Dip tanning
Dry in wet=Drying in wet warm air
Air dry =Drying in atomospheric air
Dry··· =Drying in wet warm air
Oil··· =Oiling skin
Soak··· =Soaking in water

Table 20. Summary from table 19.

No.	Procedure	Ts (Highest)	
72, 73	Dip tanning(28—35—48°C)	71.5	
81	〃 (28—35°C)	67.5	
77, 79	〔Drying in wet air-Soaking in water〕(28—35—48°C)	67.5—68.5	
78	〔Drying in wet air-Soaking in cold water〕(28—35—48°C)	63.5	
75	Drying in wet air(28—35—48°C)	59.5	Since 11-Apr. this sample was treated with 〔Drying in wet air-Soaking〕.
74	〃 (28°C)	58.5	
80	Air dry-Soaking in cold water	55.5	
76	Air dry	48.5	

せしめたもので，その最高 Ts はそれぞれ 70.5 と 71.5°C であるのに同じ漬韃法で 28°C→38°C と二段階に上昇せしめた No. 81 のそれは 67.5°C で 3~4°C 低い。湿干法において No. 74 は処理温度 28°C→38°C でその最高 Ts は 54.5°C，同法の 28°C→38°C→48°C，処理の No. 75 のそれは 57.5°C （4月4日の欄を比較した。このものの以後の接触条件は変更したの湿干法の比較にはならない。）であって処理温度の高い方が Ts は3°C高い。また〔湿干—水浸〕法において No. 77 と No. 79 とはその湿干函内におい

28—	29—	30 31—Mar.	1—Apr.	3〜5—	6—	7—	8〜10—	11—	12—	13—	14〜17—	18—	19—	20—	21—	22〜27—	28—Apr.
〃	〃 Ts=63.5	〃 (48°C)	〃 Ts=65.5	〃	〃	〃 Ts=66.5	〃	〃	〃	〃 Ts=69.5	〃	〃	〃	〃 Ts=71.5	〃	〃	〃 Ts=70.5
〃	〃 Ts=63.5	〃 (48°C)	〃 Ts=65.5	〃	〃	〃 Ts=66.5	〃	〃	〃	〃 Ts=68.5	〃	〃	〃	〃 Ts=70.5	〃	〃	〃 Ts=69.5
〃	〃 Ts=53.5	〃 (28°C)	〃 Ts=54.5	〃	〃	〃 Ts=54.5	〃	Dry… -Soak… -Dry…(32°C)	Dry… (32°C)	-Dry… -Soak… -Dry…(32°C) Ts=55.5	Dry…(32°C)	Dry… (32°C) -Soak… -Dry…	Dry (32°C)	〃 Ts=58.5	Dry… (32°C) -Soak… Dry…	Dry…(32°C)	〃 Ts=56.5
〃	〃 Ts=55.5	〃 (48°C)	〃 Ts=59.5	〃	〃	〃 Ts=57.5	〃	〃	〃	Dry…(48°C) Ts=59.5	〃	〃	〃	〃 Ts=59.5	〃	〃	〃 Ts=58.5
〃	〃 Ts=49.5	〃	〃 Ts=45.5	〃	〃	〃 Ts=47.5	〃	〃	〃	〃 Ts=46.5	〃	〃	〃	〃 Ts=48.5	〃	〃	〃 Ts=47.5
Dry… -Soak…	Soak… -Dry… Ts=60.5	Dry… (48°C)	〃 Ts=60.5	〃	Soak…	Soak… -Dry Ts=61.5	Dry…(48°C)	Dry…(48) -Soak… -Dry…	Dry…	Dry…(48°) -Soak… -Dry… Ts=65.5	Dry…(48°C)	Dry… (48°C) -Soak… -Dry…	Dry… (48°C)	〃 Ts=67.5	Dry… -Soak… Dry…	Dry…(48°C)	〃 Ts=64.5
Dry… -Soak…	Soak… -Dry… Ts=60.5	Dry… (48°C)	Soak… -Dry… Ts=60.5	Dry…	Soak…	Soak… -Dry… Ts=61.5	-Dry…(48°C)	Dry… -Soak… -Dry…	Dry…	Dry…(48°C) -Soak… -Dry… Ts=63.5	Dry…48°C)	Dry… -Soak -Dry	Dry… (38°C)	〃 Ts=62.5	Dry… -Soak… Dry…	Dry…(38°C)	〃 Ts=62.5
Dry… -Soak…	Soak… -Dry… Ts=59.5	Dry… (48°C)	Soak… -Dry… Ts=61.5	Dry…	Soak…	Soak… -Dry… Ts=63.5	Dry…(48°C)	Dry… -Soak… -Dry…	Dry…	Dry…(48°C) -Soak… -Dry… Ts=63.5	Dry…(48°C)	Dry… -Soak -Dry…	Dry… (48°C)	〃 Ts=68.5	Dry… -Soak… Dry…	Dry…(48°C)	〃 Ts=66.5
Air dry -Soak	Soak… -Air dry Ts=50.5	Air dry	Soak… -Air dry Ts=51.5	Dry…	Soak…	Soak… -Air dry Ts=52.5	Air dry	Air dry -Soak… -Air dry	Air dry	Air dry -Soak -Air dry Ts=54.5	Air dry	Air dry -Soak -Air dry	Air dry	〃 Ts=55.5	〃	〃	〃 Ts=53.5
〃	Ts=59.5	〃 (28°C)	〃 Ts=61.5	〃	〃	〃 Ts=63.5	〃	〃	〃	〃 Ts=64.5	〃	〃	〃	〃 Ts=65.5	〃	〃	〃 Ts=67.5

て水浸を行ったからその水の温度は大体湿干温度と同じである。No. 78 は水道水（大体の温度は15〜18°C であった。）中に水浸を行った。この水浸温度のみ異る２つの Ts の差は4〜5°C となっている。

処理温度を 10°C 高めるとその製品の Ts は大体 3〜4°C 昇っていることが見られるが，第 19 表中に見られるこれらの諸例によって接触方法の如何にかかわらずその処理温度は Ts を規制していることが判る。即ち重要な規制因子の一つと考えられる。

魚油等は高温に向うに従ってその粘度は低くなり，その化学変化の速度は早くなる等の性質から考えて，油鞣にはなるべく高温の方が効果的であることは首肯される。従って油皮の鞣化が進むに伴いその処理温度を高めること並びに実際の油鞣工程中にある蒸熱酸化と呼ばれる工程はこの観点からも興味あることである。また魚油は冬期の気温（大体 15°C 以下）においてその処理皮の Ts 上昇に対しマイナスに作用し夏期の気温（大体 30°C）以上においてプラスに働くことは油化学を考える時これもまた興味あることであろう。

２）水　浸―No. 76 は風干単独法でその最高 Ts は 48.5°C No. 80 は〔風干―水浸〕法でその最高 Ts は 55.5°C 即ち水浸工程を併用したか，しないかだけの違いで Ts の差は 7°C となっており，また No. 75 は湿干単独法で最高 Ts は 59.5°C No. 77 は〔湿干―水浸〕法でその最高 Ts は 67.5°C である。これもまた水浸工程有無によって 8°C の差違を来たしている。かように水浸工程を併用することによって油皮の Ts は上昇している。

白垢鞣における油皮の水浸工程はこの事実から考えると面白工程である。

この実験において最高の Ts を示した接触方法は油浸（漬鞣）法であって特別には水浸工程を併用していないが，しかしこの実験の終期には油剤中に滴水の混入が前記の通りあったので不完全ながら或は水浸工程を併用した結果になったかも解らない。また漬鞣の実験の項においては水浸の効果は明瞭でなかった。このことは水浸工程を考える場合には重要なので別の機会に再実験する予定である。

３）油　量―浸油法がここに比較した方法中では最高の Ts を示している。この原因を仮りに用油量の多量にあると想定すると皮組織が含み得る油量のみでは不充分である。即ちその組織以外の油から有効成分がその組織内に滲透することが必要となってくる。別に油脂の変化の方向或は速度等にその原因があるものと

想定すると即ち油浸法では外界との接触面積が他法に比べ非常に少く為に油脂の酸化重合等が除々に行われるようにその Ts がより高くなるとすれば油脂変化の生成物は油鞣に無効でありその中間生成生物が有効であるとの結論が出て来る。後者の想定の方がより真相に近いように感じられる。けれどもこの判断には尚実験が不充分である。

摘　　要

上述の検討の結果を要約すると次の如くになる。

1．脂肪酸の種類…Propionic, capric acid は皮を膨脹跪化せしめる。Lauric acid には跪化現象は認められなかったが，その油皮の Ts 上昇能力はない。Stearic acid の Ts 上昇力は明かな程度にはない。Oleic, Linoleic および Linoleuic acid には明かにその能力ありと認められ特に後二者には顕著である。

2．風干日数…油皮に油剤を浸透せしめるための風干日数はその後〔湿干一水浸〕工程を反覆するとその最終品の Ts には大なる影響はない。

3．漬鞣法…皮を油中に浸漬しそれを給湿熱の環境下（30°C 関係湿度 80 %）に置くとそれだけで鞣化が進行する。但しこの場合塩皮を供用すると鞣化は起らない。

4．重合油…イワシ油の熱重合油せるものはその原油と略同様の鞣化能力を持っている。

5．接触方法の比較…方法別鞣化能力は次の順になり，その最高と最低 Ts の差は 23°C である。

給湿熱漬鞣（28°C→35°C→48°C）＞給湿熱漬鞣（28°C→35°C）＞〔湿干一水浸〕（28°C→35°C→48°C）法＞〔湿干一冷水浸〕（28°C→35°C→38°C）法＞湿干法（28°C→35°C→48°C）＞湿干法（28°C→35°C）＞〔風干一水浸〕法＞風干法

但しこの風干は大体の気温が 18°C 以下であった場合である。

ヒメアサリ *Tapes variegata* (SOWARBY) の初期生活史について※

吉　田　　裕

On the Early Life-history of *Tapes variegata* (SOWARBY)※

By

Hiroshi YOSHIDA

Previously (1935), the author has reported on the young shell of *Tapes variegata*. The peculiar structure of the young, which coarse granules scattered densely on the shell, follows the margin of the prodissoconch. Recently the author has identified the veliger larva of this species in the plankton collected from the seas of Yoshimi, near our college. The full grown veligers, 0.20 mm×0.18 mm−0.215 mm×0.195 mm (Fig. 1, Fig. 2,a), were reared. Then they showed the above mentioned peculiar sculpture on the shell. When the youg shell attained a length of about lmm, radiating striae, began to appear like as in *Tapes japonica* (Fig. 2, d).

Fig. 1. Full grown veligers of *Tapes variegata*, 0.20mm×0.18mm—0.23mm×0.21mm.

※ 水産講習所研究業績　第315号, 1960年6月23日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 315.
Received June 23, 1960.

ヒメアサリとアサリは一見甚だ類似し,別種であるか否かについても古くから論議されたが,相良（1952）はヒメアサリの精子の形態および水管の構造がアサリと異ることを比較説明し，ここに初めて貝殻部のみならず，軟体部および生殖素においてもアサリと異ることが明らかにされた。筆者（1935）は先にアサリの成熟浮游仔貝および底棲初期の稚貝について報告したが，その際，海中から採集された多くの浮游仔貝中からアサリのそれを検出同定するため，アサリの稚仔と最も類似の形態を呈するであろうと想像されるヒメアサリの稚仔との識別については特に注意して観察並びに採集に当たった。そのとき採集したヒメアサリの稚貝は最小殻長 1.30～1.50 mm であったが，その稚貝の殻頂部分を観察するのに，原殻部は殻長 0.20 mm，殻高 0.18 mm 位で，この部分に続く，この貝が底棲生活に移った後に分泌成生されたと思われる新成殻部には原殻の縁辺に接近して２－３の輪脈があり，更にその次には上下が幾分細い疣を一面に並べたような構造の部分があり，この状態は殻長が 1 mm 近くになる頃まで続き，更にその後，初めてアサリにおいて見るような放射脈が現われることを観察した（その報告では稚貝の殻表における上下の尖った粗粒の集合を網目状の構造と説明したが，今省みて適切な表現とは思えない。同報告，第 12 図版，第８図および本報告第２図参照）。

上述のようにそのときはヒメアサリは殻長 1.3 mm の稚貝までは追究することができたが，それ以下の時代，即ち浮游仔貝期まで辿ることができなかった。最近（1958, '59）水産講習所附近の海で採集した二枚貝の稚仔の中からヒメアサリの浮游仔貝を同定し，更にそれを飼育し，底棲稚貝に至るまでを追及することができたのでここに報告する。この研究に当たり筆者と同教室の網尾勝君からは採集その他につき種々協力を得た。ここに記して深く感謝する。

ヒメアサリの生態

水産講習所のある吉見は下関駅から山陰線沿いに北方 14.6km のところにある日本海に面した小部落で，本所の南西に面したところに小突出部があり，それより東側の防波堤で囲まれた部分は波も静かで，且つ小川の流入もあり，やや内湾性の性状を呈し，近年はアサクサノリの養殖も行なわれている。そしてこの部分の岸に沿った礫底部にはアサリとヒメアサリが混棲している。上記の突出部の西側（外側）は殆んど全部が岩礁地帯で，直接日本海に面し，全く外洋性の性質を帯びているが，部分的に小さい彎曲部があり，礫底の浜になっていて，ここにはヒメアサリが棲息するが，アサリは見られない。ヒメアサリは吸水管の構造（相良，1952）等からみても海水の動揺の激しい外洋性の場所の生活に適応したものと考えられ，これと内湾性のアサリとの生態的の関係は丁度チョウセンハマグリとハマグリとの関係に類似するように思われる。

浮　游　仔　貝

1958年７月中，水産講習所の前の海（ここにはヒメアサリとアサリが混棲する）および外側の海（ここにはヒメアサリだけ棲息）で，数回にわたりプランクトンネットを曳き，採集された浮游仔貝中からヒメアサリと同定し得るものを得た。成熟期に達したと思われる浮游仔貝は殻長0.20～0.215mm，殻高0.18～0.185 mm で，一面に淡黄色を呈して，殻頂附近は僅かに紫色を帯び，軟体部には平衡胞はあるが，色素点は見られない。外形は著しくアサリの浮游仔貝に類似する。アサリよりも前後の輪廓が幾分緩やかであるように感ぜられるが，それも明らかな相違点とはいい難い。特に異るのは鈸装で，アサリでは顕著な歯状欠刻が発達している（第２図ｂ，これはハマグリの浮游仔貝と比較するために掲げた筆者の報告，Venus, 11（1），第１図版，第９図より再録）が，ヒメアサリ（第２図，ｂ）では蝶番線の歯はアサリに比べて発達は著しく悪く，その数も少く，精々８－10個を数えるに過ぎない。

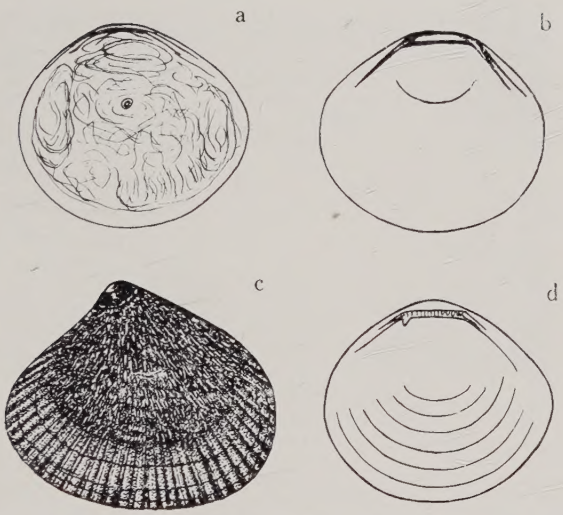


Fig. 2. Veliger larva and young shell of *Tapes variegatå* (a—c), veliger larva of *Tapes japonica* (d).
a. Full grown veliger, 0.20mm×0.18mm, collected in the seas of Yoshimi.
b. Ditto, the inner view of right valve, showing the hinge structure (dead shell).
c. Benthonic young shell, 1.05 mm×0.85mm, reared from the veliger larva.
d. Showing the larval hinge teeth, the inner view of left valve of full grown veliger, 0.20mm×0.18mm (dead shell).

底　棲　稚　貝

この浮游仔貝を実験室内で，シャーレー中で飼育した。天然の海水をそのまま使用し，大体1日1回位宛水をとりかえた。1958年7月14日に飼育を開始したものは，22日0.19 mm × 0.17 mmの大きさで面盤が退化し，底棲期に這入った。その後は原殻の外側に沿って粗い輪脈を2—3条画き，8月4日には0.28 mm×0.26 mmとなり，腹縁に粒状突起が現われ，その後も成長に伴ってその数を増した。9月30日，0.95 mm×

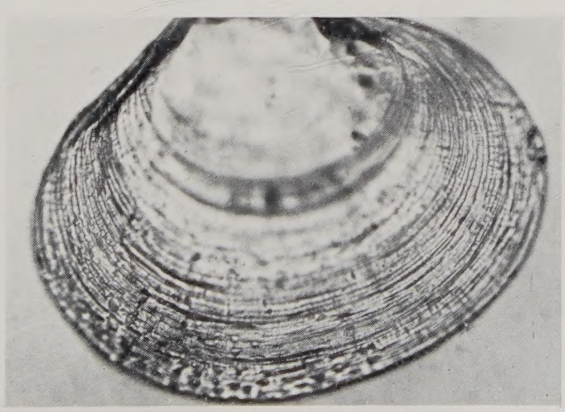


Fig. 3. Showing the coarse granules on the postero-ventral margin of the shell, at the stage of benthonic early young, 0.41 mm×0.35 mm (reared from the veliger larva).

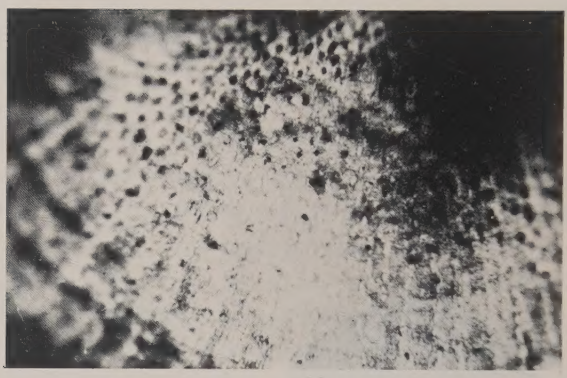


Fig. 4. Showing the coarse granules densely scattered on the young shell, 2.5mm×1.8mm (collected from natural sea bed).

0.75 mm 頃から粒状の部分に続いて普通のアサリに見られるのと同じような放射肋が現われはじめた。この間の経過は筆者（1935）が先に天然に採集したヒメアサリの殻表部分の構造を辿って記述したところと全く一致する。11 月 17 日，1.6 mm×1.3 mm に達したが，その後の成長は殆んど見られなかった。筆者は更に 1959年 7～9 月，同一場所で浮游仔貝を採集し，飼育して，同様の成長経過を観察して，これがヒメアサリの浮游仔貝であることを更に確かめた。なお，この稚仔の飼育の経過中に観察されたこのヒメアサリの稚貝がアサリのそれと異る点を挙げると，筆者は（1953）アサリ，ハマグリ，イガイ，ホトトギス等の稚貝では稚小期に殻に紅褐色が現われ，それは太陽光線に曝露されることが著しいほど濃いことを報告したが，ヒメアサリではこのような紅褐色の色彩は全く現われなかった。

文　　献

平瀬信太郎，1934：アサリとヒメアサリは貝殻上区別すべきか．動雑，**46** (545)，112—113.

吉田　裕，1935：アサリ *Venerupis* (*Amygdala*) *philippinarum* (ADAMS et REEVE) の成熟 Veliger および底棲初期の稚貝について．ヴヰナス，**5** (5)，264～273.

————，1941：ハマグリの初期生活史について．ヴヰナス，**11**(1)，1—11.

村瀬かつ子，1944：アサリ *Venerupis philippinarum* (ADAMS et REEVE) の殻の測定学的研究，動雑．**59** (4，5，6)，112—113.

黒田　徳米，1947：アサリ考．夢蛤，**29** (9—11).

R. TANAKA, 1951 : Biostatistical grounds for specific differentiation between two species of *Venerupis* (Bivalva). *Annot. Zool. Jap.*, **24**(3), 163—169.

吉田　裕，1953：浅海産有用二枚貝の稚仔の研究．本報告，**3** (1).

田中弥太郎，1959：アサリ幼生の同定について．有明海研究報告，**5**.